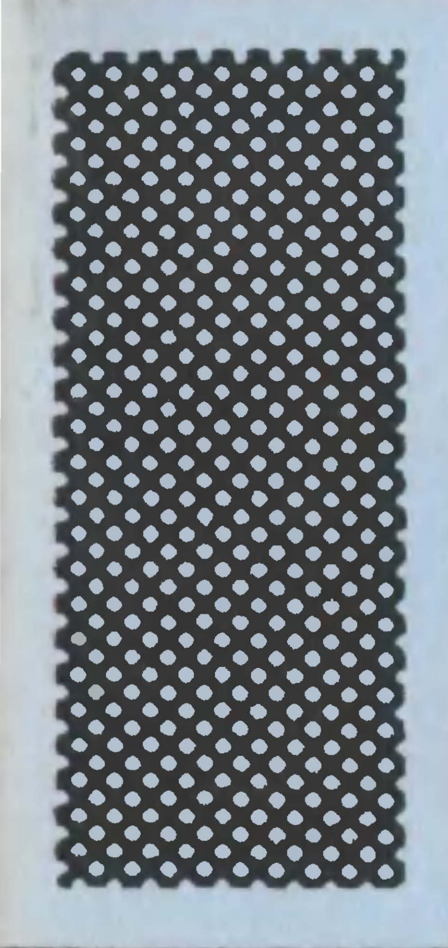






4 1 3

Ю. В. БЕЗДЕЛЬЕВ

Малогабаритные любительские электроизмерительные приборы



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕК А

Выпуск 814

Ю. В. БЕЗДЕЛЬЕВ

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ЭЛЕКТРО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1972

6Ф2.9
Б39

УДК 621.317.756 : 621.317.725

Бездельев Ю. В.

Б39 Малогабаритные любительские электроизмерительные приборы. М., «Энергия», 1972.

176 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 814).

Описаны схемы и конструкции осциллографа и цифрового вольтметра, разработанных и изготовленных автором.

Приборы выполнены на транзисторах с применением печатного монтажа.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей. Она может быть полезна и начинающим радиолюбителям для расширения их кругозора.

3-4-5 / 382-72 6Ф2.9

Юрий Васильевич Бездельев

Малогабаритные любительские электроизмерительные приборы

Редактор *А. И. Кузьминов*
Редактор издательства *В. А. Абрамов*
Обложка художника *А. А. Иванова*
Технический редактор *О. Д. Кузнецова*
Корректор *З. Б. Шлайфер*

Сдано в набор 4/V 1972 г. Подписано к печати 27/IX 1972 г. Т-15971.
Формат 84×108¹/₃₂ Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 9,24
Уч.-изд. л. 11,42 Тираж 100 000 экз. Зак. 371. Цена 47 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18б.

Предисловие

Наладка радиоэлектронной аппаратуры, а также получение от нее требуемого качества немыслимы без измерительных приборов. Любителям, занимающимся конструированием и наладкой радиоустройств, приходится непрерывно сталкиваться с необходимостью проведения разнообразных радиотехнических измерений. Отсюда понятно их стремление оснастить свои лаборатории измерительной техникой.

Общеизвестно, что электронный осциллограф — наиболее универсальный измерительный прибор. Серийный выпуск нашей промышленностью высоковольтных высокочастотных транзисторов и электронных осциллографических трубок с прямоугольным экраном позволили создать достаточно малый осциллографический прибор с неплохими частотными характеристиками. Габариты трубки определили выбор размеров каркаса осциллографа.

Наиболее сложный из описываемых приборов — цифровой вольтметр. Размещается он в таком же каркасе, как и осциллограф. Монтаж приборов достаточно плотный и выполнен с применением двусторонней печати, что представляет для любителей определенные трудности. Для облегчения повторения конструкций в книге приведены чертежи монтажных плат и расположения на них деталей.

В гл. 1 описан изготовленный автором несложный чертежный прибор, позволяющий наносить непосредственно на двусторонние фольгированные материалы рисунок схемы почти любой сложности. Этот прибор может быть использован также для изготовления односторонних печатных плат и плат модулей. Там же описаны отдельные приемы установки деталей при сборке печатной платы и их пайки. Эта глава будет особенно полезна любителям, имеющим малый опыт работы с печатным монтажом.

Приборы не имеют встроенных источников питания и должны питаться от внешних источников с соответствующим напряжением. Питать приборы можно и от батарей.

При отсутствии монтажных дефектов прибор, как правило, сразу начинает работать. Настройка его сводится к получению необходимых параметров.

В конце книги приведен перечень литературы, могущей быть полезной радиолюбителю при изготовлении, настройке и работе с приборами.

Автор считает своим долгом выразить благодарность Ю. С. Чернову и Г. П. Титову за полезные замечания, сделанные при разработке приборов, а также В. А. Кулиниченко, Т. В. Кулиниченко и Ю. П. Ядрину за помощь при изготовлении приборов и оформлении рукописи.

Автор

Глава первая

ОБЩЕЕ В МОНТАЖЕ И КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРОВ

Использование при разработке и изготовлении транзисторных приборов печатного монтажа, кроме увеличения их надежности, а также простоты сборки, дает возможность конструктору применять принципиально новые конструкторские приемы.

Малая масса миниатюрных деталей позволяет для их крепления ограничиваться только прочностью сцепления с диэлектриком фольги контактных площадок печатного монтажа, к которым их припаивают. Сравнительно малые размеры современных широко распространенных деталей, как, например, резисторов УЛМ-0,12; ВС-0,125; МЛТ-0,25; конденсаторов КЛС; К10-7В; К50-6 и др., дают возможность достигать большой плотности монтажа. Достаточная механическая прочность фольгированных диэлектриков, из которых изготавливают платы с печатным монтажом, позволяет использовать их в качестве силовых конструктивных элементов. Это позволяет отказаться от ставших традиционными шасси, ограничившись только охватывающим каркасом из уголков. При этом вся конструкция получается ажурной, значительно более легкой и не менее прочной. Вертикальное расположение плат и ажурность конструкции создают хорошие условия для циркуляции воздуха и охлаждения всех деталей приборов, что способствует стабильности параметров транзисторов и устройств в целом.

Печать

Сравнительно большая плотность монтажа описываемых приборов вынуждает почти все платы изготовлять применением двусторонней печати. Исходя из особенности компоновки деталей на печатной плате (расположение паек только в узлах координатной сетки), избран метод непосредственного нанесения рисунка схемы на фольгу платы кислотоупорными красками с применением трафаретов и пишущего приспособления [Л. 9]. Описываемый ниже чертежный прибор позволяет изготовлять двусторонние печатные платы при наличии всего лишь нескольких трафаретов. Для сведения требуемого их числа до минимума все закругления заменены линиями под углом 45°, так как прямые линии легче вычерчивать на чертежном приборе, нежели кривые. Сообразуясь с размерами наиболее распространенных и доступных любителям малогабаритных радиодеталей, шаг координатной сетки (шаг печати) выбран равным 3 *мм*. Диаметр основной контактной площади принят равным 2 *мм*.

Для установки деталей с выводами диаметром 1 *мм* и более, а также для случая размещения в одной пайке нескольких проводников или выводов применена увеличенная контактная площадка — 2,2 *мм*. Ширина печатных проводников от 0,45 до 0,9 *мм*. Она зависит от диаметра пера, в качестве которого использована инъекционная игла от медицинского шприца. Оптимальный диаметр иглы 0,6—0,7 *мм*. Соосность контактных площадок на противоположных сторонах печатной платы не ниже 0,15—0,2 *мм*, что вполне приемлемо. Прибор позволяет также изготовлять платы с односторонним монтажом и платы для модулей (шириной 15—20 *мм*).

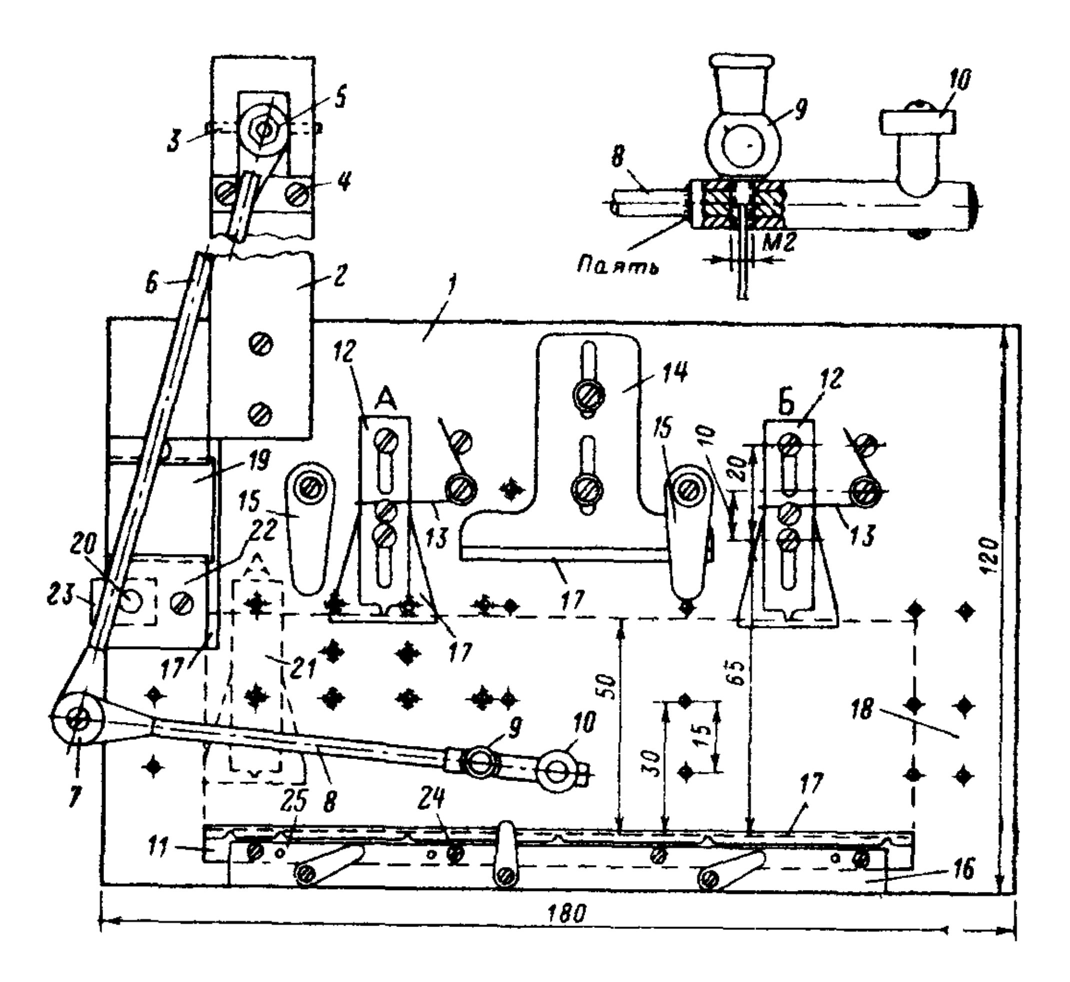


Рис. 1. Прибор для нанесения рисунка печатной схемы на фольгу.

Чертежный прибор состоит из основания, зажимного устройства, подвижного держателя пера, вспомогательных приспособлений и набора трафаретов. Схема прибора изображена на рис. 1.

Основание представляет собой плоскую плиту *1*. На нем закрепляют детали зажимного устройства, кронштейн с подвижным держателем пера и вспомогательные приспособления. Материал для основания может быть взят любой: оргстекло, дюралюминий и др. Удобно с нижней стороны основания по углам закрепить небольшие резиновые ножки или острые шипы.

Зажимное устройство состоит из неподвижного упора *11* и двух подвижных зажимов *12* с пружинами *13*. Ход подвижных зажимов около 10 *мм*. Для установки малых плат (плат для модулей) в основании сделан еще ряд отверстий с резьбой для перестановки одного из зажимов (*21* — показан на рис. 1 штриховыми линиями). Плату *18*, на которую должен быть нанесен рисунок, устанавливают между неподвижным упором и одним или двумя (в зависимости от ее длины) подвижными зажимами. Она фиксируется пружинами. Для предохранения рисунка на нижней стороне двусторонней платы от смазывания неподвижный упор, подвижные зажимы установлены на опорные планки *17* толщиной 1 *мм*.

Подвижной держатель пера представляет собой два рычага *6* и *8*, соединенных шарниром *7*. Второй конец рычага *6* закреплен шарнирами *3* и *5* на кронштейне *2*. Шарнир *5* обеспечивает вращение рычага *6* в горизонтальной плоскости, а шарнир *3* — поворот на некоторый угол вокруг горизонтальной оси при подъеме пера. Ограничитель *4* фиксирует параллельность рычага *6* к плоскости плиты *1*. При этом сохраняется перпендикулярность пера *9* к плоскости платы *18* в любой ее точке. Для легкого и плавного движения пера шарниры *5* и *7* выполнены на шариковых подшипниках. Перо *9* размещено на свободном конце короткого рычага *8*. Иглу укорачивают до 10—12 *мм* и ее конец тщательно шлифуют. На том же рычаге *8* укрепляют рукоятку *10*, имеющую вертикальную ось вращения. Рукоятка должна легко и без люфта вращаться на своей оси, что облегчает работу с прибором. В качестве рукоятки применен шариковый подшипник диаметром 7—10 *мм*. В нерабочем состоянии перо должно находиться в гнезде *20* и опираться на кусок листовой резины *23*. Это предохраняет его от повреждения, а краску от быстрого высыхания.

Вспомогательные приспособления состоят из подвижного упора *14*, прижимов *15*, планки с малыми прижимами *16*, бокового упора *22* с платой для проб *19* и гнездом для пера, а также малого подвижного упора (для работы с длинными модульными платами) и съемной боковой опоры (на рис. 1 не показаны).

В набор трафаретов входят: один основной трафарет, два вспомогательных, два линейных и кондуктор. Все трафареты выполнены из оргстекла толщиной 1—1,2 *мм*.

Основным элементом служит трафарет для вычерчивания 2 *мм* контактной площадки (рис. 2). Вдоль длинных сторон трафарета приклеены опорные накладки толщиной 0,8—1 *мм*. Сквозь них проходят четыре несимметрично расположенных фиксирующих штифта. Назначение их — сохранять соосность контактных площадок на противоположных сторонах печатной платы. Это достигается одновременным переворачиванием как платы, так и трафарета, так как несимметричность расположения штифтов не дает возможности установить его иначе (рис. 3). В плате основного трафарета просверлена сетка отверстий диаметром 2 *мм*. Отверстия просверлены в узлах координатной сетки с шагом 3 *мм* (рис. 2, *а*).

Вспомогательные трафареты имеют одинаковые с основным размеры и конструкцию. Первый вспомогательный трафарет имеет сетку отверстий диаметром 2,2 *мм* (рис. 2, *б*) и служит для вычерчивания больших контактных площадок. Второй — отверстия диаметром на 0,1—0,2 *мм* больше диаметра иглы (рис. 2, *в*) и применяется для нанесения на фольгу точек перегиба проводников (их

назначение будет рассмотрено ниже). Отверстия всех трафаретов должны быть соосны.

С трафаретами длиной 140 *мм* изготовление плат размером менее 70 *мм* весьма затруднительно. В трафарет для этого обязательно требуется установка двух добавочных фиксирующих штифтов, а это затрудняет работу с длинными платами. Поэтому если возникнет необходимость изготовления таких плат, то из положения

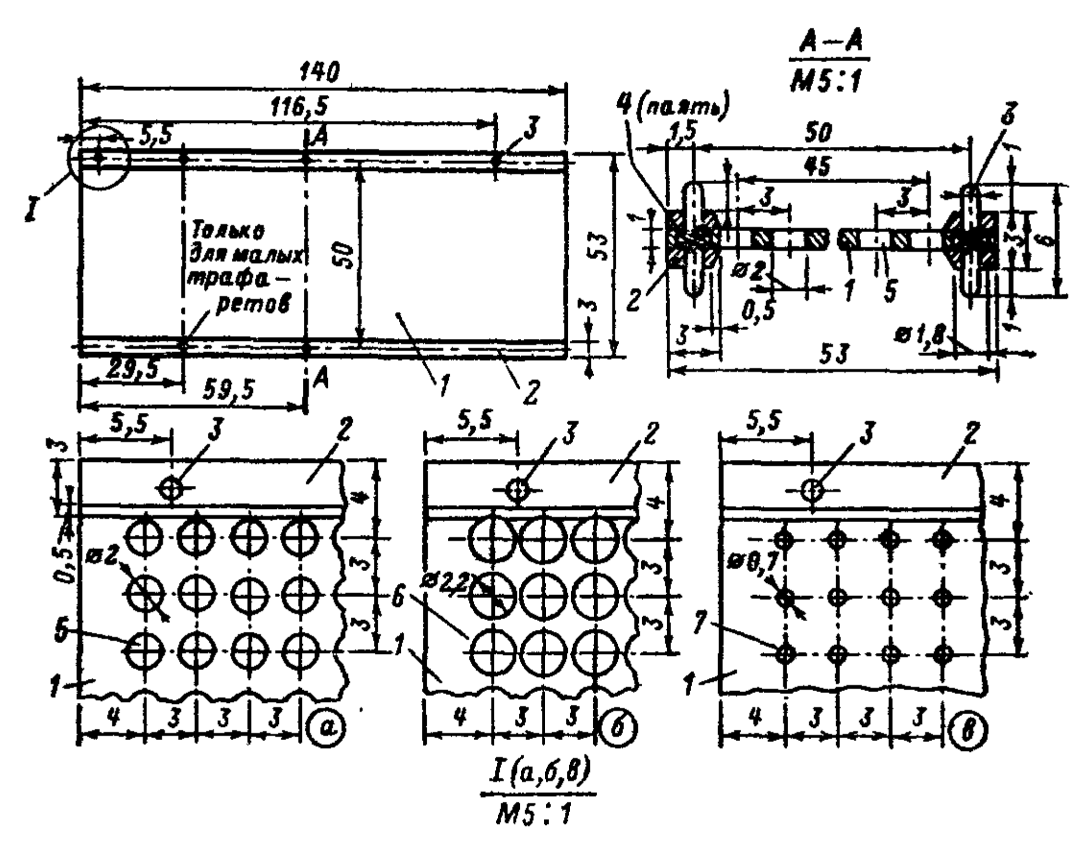


Рис. 2. Конструкция трафарета для двусторонней печати.

а — основного, *б* и *в* — вспомогательных; *1* — планка трафарета; *2* — опорные накладки; *3* — фиксирующие штифты; *4* — стопор; *5* — отверстия для вычерчивания основных контактных площадок; *6* — отверстия больших контактных площадок; *7* — отверстия для нанесения точек перегиба.

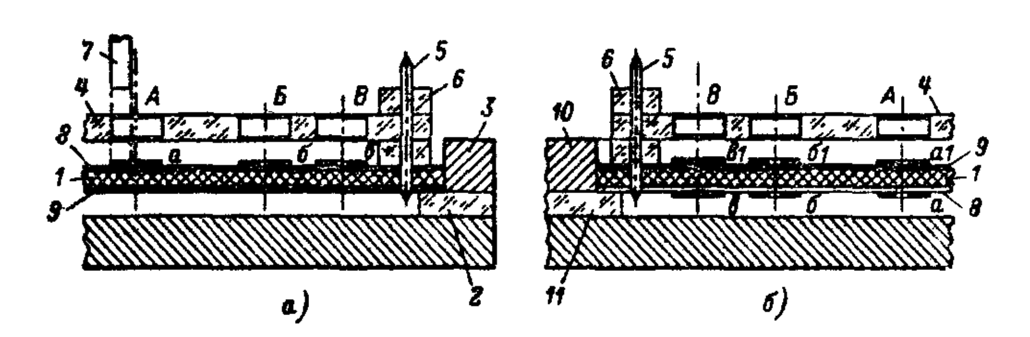


Рис. 3. Изготовление двусторонней печатной платы.

а — нанесение рисунка схемы на первую сторону платы; *б* — нанесение рисунка на вторую сторону: при переворачивании платы перевернут и трафарет, контактные площадки $а_1$, $б_1$, $в_1$ получаются точно против площадок *а*, *б*, *в*, *1* — плата из фольгированного пластика; *2* — опорная планка; *3* — неподвижный упор; *4* — трафарет; *5* — фиксирующие штифты, *6* — опорные планки трафарета; *7* — перо (игла); *8* и *9* — слой фольги платы; *10* — подвижной зажим; *11* — опорная планка подвижного зажима.

можно выйти, изготовляя одновременно две или даже три короткие платы, используя одну длинную заготовку или изготовив еще один комплект трафаретов длиной 70—80 *мм*, который позволит изготовлять платы длиной до 32—35 *мм*. Для этой цели в кондукторе (рис. 6) сделаны две дополнительные втулки, помеченные звездоч-

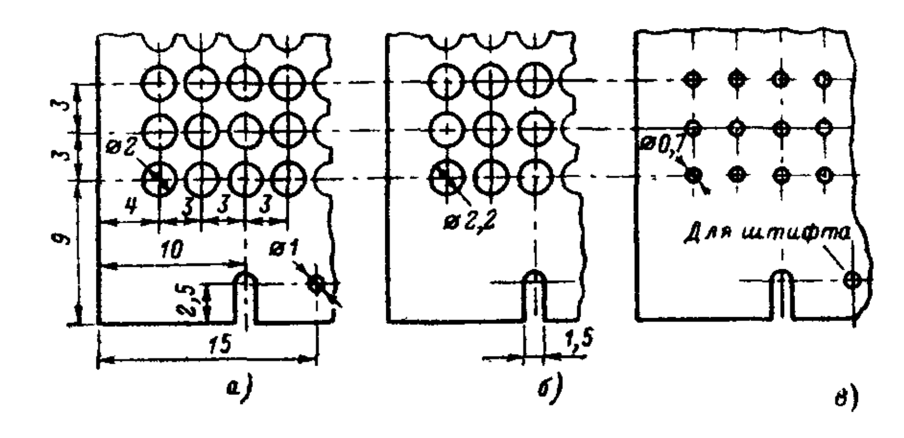


Рис. 4. Конструкция трафаретов для односторонней печати.

а — основной трафарет; *б* — вспомогательный трафарет для вычерчивания больших контактных площадок; *в* — вспомогательный трафарет для нанесения точек перегиба печатных проводников.

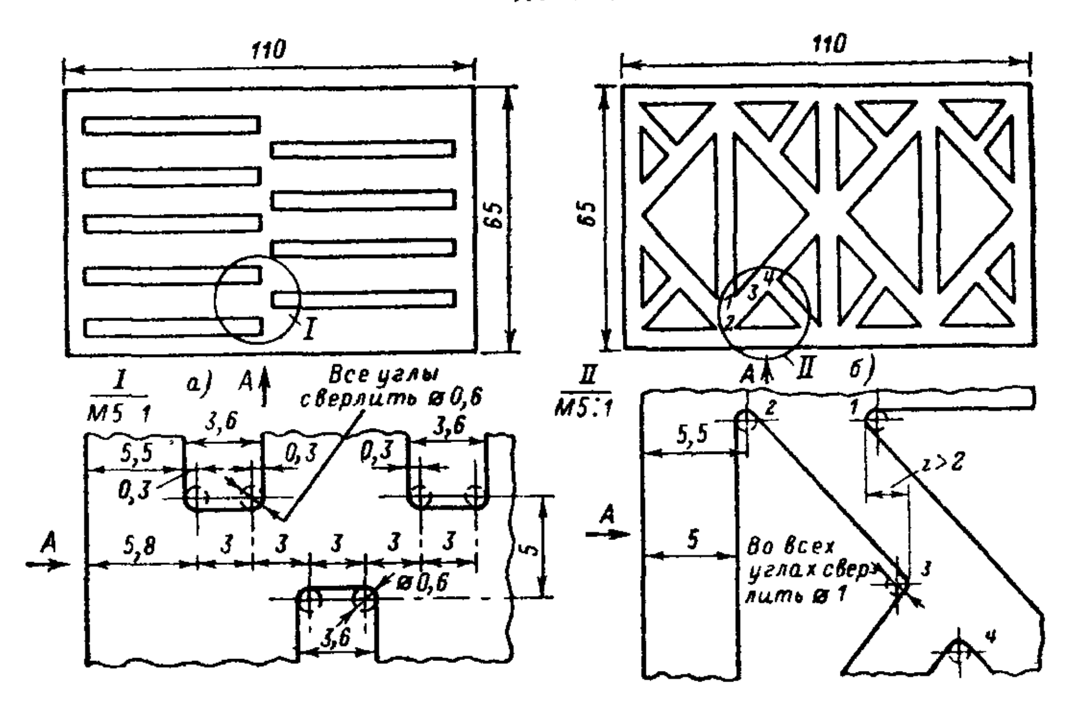


Рис. 5. Линейные трафареты.

а — для продольных линий; *б* — для поперечных и наклонных линий.

ками. Они используются только при изготовлении коротких плат и трафаретов.

При изготовлении односторонних печатных плат необходимость в фиксации трафарета по отношению к плате отпадает и можно пользоваться трафаретами упрощенной конструкции (рис. 4). Основной и два вспомогательных трафарета имеют размеры 140×65×

×1 *мм*. Сетка и отверстия такие же, как у описанных. Трафареты закрепляют на приборе упорными винтами *24* (рис. 1). Фиксируют трафареты штифтами, вставляемыми в отверстия *25*.

Для вычерчивания линий соединительных проводников в комплект входят два линейных трафарета (рис. 5, *а* и *б*). Один — для вычерчивания продольных линий, другой — для поперечных и наклонных. В трафарете для вычерчивания продольных линий (рис. 5, *а*) края прорезей смещены относительно центров отверстий на половину диаметра иглы, т. е. на 0,3—0,4 *мм*, это необходимо

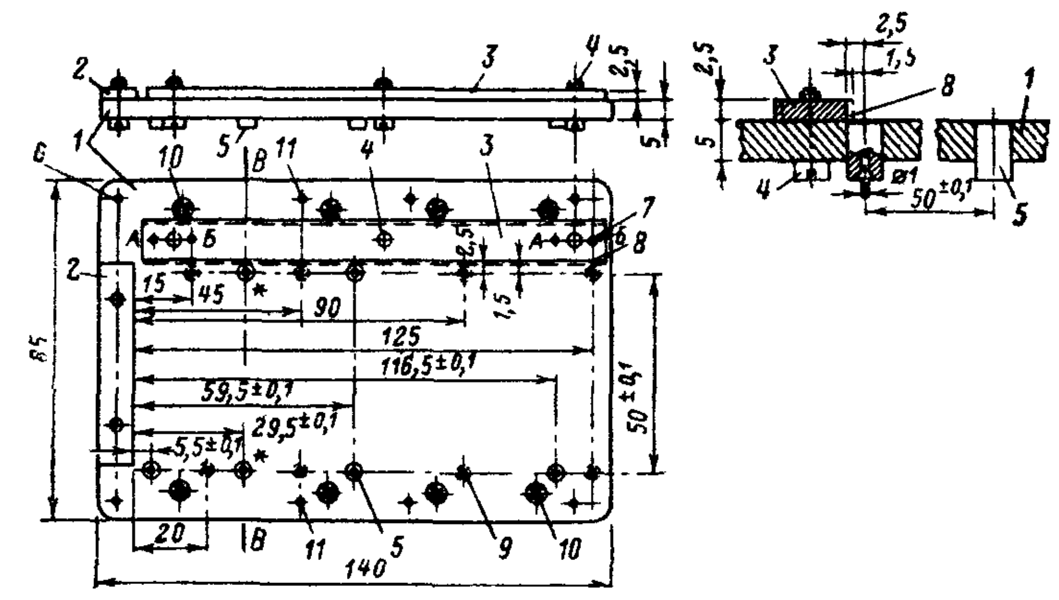


Рис. 6. Кондуктор для сверления отверстий под фиксирующие штифты в платах.

1 — пластина (сталь, алюминий и др.); *2* — малая упорная планка (сталь); *3* — большая упорная планка (сталь); *4* — винты крепления упорных планок (М2,5—М3); *5* — направляющие втулки (сталь каленая); *6* — фиксирующие штифты диаметром 1 *мм* (положение для плат); *7* — отверстия диаметром 1 *мм* под фиксирующие штифты; *8* — положение планки на штифтах *Б* (изготовление трафаретов); *9* — отверстия с резьбой М2,5—3; *10* — резьбовые втулки встроенного зажима (М3); *11* — отверстия штифтов зажима.

для сопряжения проводников с контактными площадками по центру. Во втором трафарете сделаны прорези в виде различных прямоугольных треугольников (рис. 5, *б*). Оба эти трафарета свободно перемещаются вдоль платы по упорным винтам, опираясь краями на неподвижный *11* и подвижный *14* упоры, а также на подвижные зажимы *12*, боковой *22* и съемные упоры (рис. 1).

Материалом для этих трафаретов служит также оргстекло. Пользуются ими при изготовлении как двусторонних, так и односторонних печатных плат. Для сверления отверстий под фиксирующие штифты трафаретов при изготовлении двусторонних печатных плат применяют специальное приспособление — кондуктор.

Конструкция кондуктора показана на рис. 6. Он представляет собой пластину *1*, толщиной 3—5 *мм*, на которой укреплены две планки *2* и *3*. Они образуют упорный угольник с углом 90°. Отверстия в основании *1* под крепежные винты *4* сделаны продолговатой формы. Это дает возможность устанавливать планку *3* в двух положениях. Точная фиксация планки в каждом из них обеспечивается двумя штифтами диаметром 1 *мм*, вставляемыми в отверстия *А*

или *Б*. Основное положение планки — на штифтах *А*. При этом положении планки *3* кондуктор служит для сверления отверстий в заготовках печатных плат. Для этой цели в пластинке имеется шесть направляющих втулок *5* с отверстиями диаметром 1 *мм*. Втулки, отмеченные звездочкой, предназначены для сверления отверстий только в малых платах (35—80 *мм*). В заготовках печатных плат сверлят три или четыре отверстия (в зависимости от ее длины).

Положение длинной планки *3* на штифтах *Б* используется при изготовлении трафаретов. Пластина *1* кондуктора может быть изготовлена из любого материала, но в местах сверления фиксирующих отверстий должны быть завинчены или запрессованы стальные втулки (лучше всего каленые). Опорные планки также должны быть стальными.

Заготовка платы должна иметь ширину не менее 52—52,5 *мм*, т. е на 1—1,5 *мм* шире готовой платы. Заготовку зажимают в кондуктор планками и винтами М3, для которых предусмотрены стальные резьбовые втулки.

Материалы

Для изготовления плат пригодны практически любые двусторонние фольгированные пластинки толщиной 1,5 *мм*. Наиболее подходящи фольгированные стеклотекстолиты. Заготовку отпиливают по размеру и зачищают напильником от заусенцев.

Для двусторонней печати плату закрепляют в кондуктор и просверливают отверстия под фиксирующие штифты трафаретов. Чтобы при выходе сверла из платы не произошло отслаивания фольги, необходимо в этих местах к плате плотно прижать гетинаксовую или текстолитовую планку. После освобождения платы необходимо хорошо заточенным сверлом диаметром 2—2,5 *мм* очень легко раззенковать просверленные отверстия. На этом механическая подготовка заготовки платы заканчивается.

Нанесение рисунка

Перед установкой в прибор фольгированные стороны заготовки тщательно обезжиривают путем протирания ватным тампоном, смоченным в спирте Для обезжиривания можно применять также ацетон и бензин, но целесообразнее применить их для первичной очистки фольги. Ее поверхность не должна иметь глубоких царапин и вмятин. Оксидную пленку с фольги удалять не следует, так как качество рисунка на зачищенной поверхности, особенно при использовании только одной типографской краски, получается несколько ниже.

Для нанесения рисунка на фольгу следует применять краски или лаки, не растекающиеся по поверхности и не растворимые в хлорном железе, но достаточно свободно проходящие через отверстие иглы, служащей пером Удовлетворительные результаты были получены с типографскими красками, разбавленными до необходимой консистенции пенином (разбавитель № 4 для живописи). Значительно лучшие результаты получаются при использовании композиции, состоящей из одной весовой части типографской краски и 0,5—1,5 частей асфальто-битумного лака (печной лак). Если композиция получается более вязкой, чем требуется, то ее разбавляют несколькими каплями скипидара. В любом случае окончательную консистенцию краски подбирают опытным путем.

Иглу прочищают мандреном — упругой проволокой диаметром чуть меньше отверстия иглы. Консистенцию краски подбирают путем проб на образце обезжиренного фольгированного пластика, установленного в чертежный прибор. Краску следует изготовлять небольшими порциями (3—5 *г*), так как ее расход очень мал. Резервуаром для краски служит конусный наконечник иглы. Заправлять краску следует тонкой пипеткой, после чего краску вводят в отверстие иглы с помощью мандрена. Для этой цели мандрен вставляют в отверстие иглы с пишущей стороны на всю его длину и при постоянном вращении медленно вынимают. Заправленную иглу отставляют в сторону (лучше всего ее конец ставить на кусочек листовой резины), а в прибор устанавливают подготовленную заготовку и основной шаблон, по которому наносят все необходимые по схеме контактные площадки

При правильной обводке и диаметрах игл до 0,8 *мм* в центре контактной площадки должен оставаться не залитый краской кружок диаметром 0,3—0,5 *мм* (его назначение будет рассмотрено ниже). Обводка одной контактной площадки производится 2—3 раза. Точное число обводок устанавливают опытным путем по отсутствию подтрав в контактных площадках при пробных травлениях. Отрывать иглу от фольги при обводке контактных площадок следует плавно. После нанесения всех требуемых контактных площадок основной трафарет снимают и заменяют трафаретом для нанесения точек прогиба проводников. Точки наносят опусканием на фольгу пера через отверстия в необходимых координатных узлах. Это необходимо потому, что в сложном монтаже при достаточно длинных проводниках определить на глаз, где нужно начать или закончить линию, очень трудно, и рисунок получается неряшливый.

После нанесения всех точек можно переходить к вычерчиванию проводников Если же схемой предусмотрены контактные площадки большего диаметра (2,2 *мм*), то их целесообразно обводить до вычерчивания проводников, так как в отдельных местах прохождение линии будет определяться этими площадками. Линии проводников наносят с помощью двух линейных трафаретов. При нанесении линий не следует допускать прочеркивания за точку перегиба или в центральное пятно контактной площадки. Краска на всех линиях и контактных площадках должна ложиться ровным непрерывным слоем, и нигде сквозь нее не должна просвечивать фольга. Для своевременного устранения этих дефектов перед выниманием платы из чертежного прибора или в процессе исполнения рисунка его тщательно просматривают через 4—5-кратную лупу. Все замеченные дефекты устраняют повторным подкрашиванием. Нанесение рисунка на вторую сторону платы ничем не отличается от его исполнения на первой. При переворачивании платы необходимо соблюдать осторожность, чтобы не смазать уже нанесенный рисунок Брать плату с момента обезжиривания и до окончания вытравливания можно только за ребра.

Дальнейшая обработка плат

После окончания выполнения рисунка плату подсушивают в течение 15—20 *мин* при температуре 100—110° С. Сушить плату можно в духовке или на электрическом утюге. При сушке двусторонней

платы для предохранения рисунка от смазывания, на ее нижней стороне целесообразно использовать П-образные скобы. Сгибают их из материала толщиной 0,8—1 *мм* и подгоняют так, чтобы они одевались с небольшим трением на ребра платы. Одетые по несколько штук на каждую длинную сторону платы они полностью исключают возможность смазывания краски при сушке на достаточно ровной поверхности.

Двусторонние платы необходимо через 7—10 *мин* переворачивать. Этим достигается более равномерный режим сушки. После подсушки краски плату травят в растворе хлорного железа плотностью 1,3. При травлении плат с двусторонним рисунком необходимо на ребра по длинной стороне надеть предохранительные скобы из оргстекла или целлулоида толщиной 0,8—1 *мм* (металлические в хлорном железе растворяются). Если рисунок платы выполнен лакокрасочной композицией, то травить можно при температуре раствора 35—40° С, что значительно ускоряет процесс. При травлении двусторонней платы ее необходимо периодически переворачивать, что способствует более равномерному травлению с обеих сторон.

По окончании травления плату тщательно промывают в проточной воде и высушивают. Краску с платы удаляют ватным или марлевым тампоном, смоченным скипидаром или ацетоном, до полного удаления следов краски на поверхности платы. Зачищают фольгу мелкой шкуркой. Зачищенный рисунок протирают растворителем, а затем сверлят отверстия. При этом в качестве кернения используют углубления в центре контактных площадок, которые образовались при травлении на местах, не залитых краской. Это значительно повышает точность сверления. Кроме того, механическое кернение может нарушить прочность приклейки фольги контактной площадки.

Отверстия в двусторонней плате сверлят в два приема: сначала сверлом диаметром 0,8—0,85 *мм* на глубину 0,8—1 *мм* засверливают контактные площадки на лицевой стороне платы (сторона установки деталей), где их число, как правило, значительно меньше, чем со стороны пайки деталей, а затем с обратной стороны сверлом 0,6—0,7 *мм*. Такой порядок сверления предотвращает отслаивание фольги на другой стороне платы при выходе сверла. Одностороннюю плату просверливают сверлом диаметром 0,6—0,7 *мм*. Отдельные отверстия, если это требуется, рассверливают сверлами бо́льшего диаметра. После этого производится легкая зенковка (на толщину фольги) для снятия с нее заусенцев. Затем облуживают контактные площадки почти «сухим» паяльником (с минимальным количеством припоя на жале).

При облуживании ни в коем случае не должны заливаться отверстия. Облуживать можно с жидким канифольным флюсом или с флюсом из жирных кислот («Радио» № 5, 1959 г.). Можно применять также флюс ЛТИ-120 или мастику для пайки («Юный техник» № 5, 1958). Продолжительность облуживания одной площадки не должна превосходить 2—3 *сек*. Для облуживания лучше всего использовать припой ПОС-61. Паяльник обычный, мощностью 40—50 *вт*. Темпратура жала должна быть нормальной (перегрев не допустим).

Ошибки в печатной схеме, как, например, наличие проводника в непредусмотренном месте, линия, проведенная дальше точки ее перегиба, и т. п., устраняют удалением ненужных участков фольги концом остро отточенного скальпеля. Фольгу легким нажатием острия скальпеля подрезают и удаляют с платы. Лишние контактные площадки просто оставляют, а вместо недостающих ставят пистоны. Пропущенные проводники заменяют проволочной перемычкой.

Дефекты печати в виде различного рода «подтрав» получаются при неравномерном покрытии краской линий рисунка, плохом качестве красителя, загрязнения и дефектов на фольге или при неправильном режиме сушки. Большинство таких дефектов, как правило, возникают в начальный период работы и свидетельствуют об отсутствии необходимого навыка. Некоторые из этих дефектов могут быть исправлены. Так, например, большое скопление протравленных точек на проводнике, сильно рваный его край или даже разрыв на узком участке проводника могут быть исправлены напайкой нескольких тонких (0,05—0,07 *мм*), параллельно расположенных проводников. Напаивать их следует с малым количеством олова и обязательно захватывать неповрежденные участки проводников.

Монтаж

Установка и пайка деталей в процессе изготовления радиоэлектронной аппаратуры — весьма важный этап, во многом определяющий ее качество и надежность. Если монтаж односторонних печатных плат любителями освоен достаточно хорошо, то на сборке двустороннего, притом достаточно плотного, монтажа следует остановиться особо. Это необходимо еще и потому, что в монтаже описываемых приборов есть некоторые особенности [Л. 38].

Установка деталей. От приемов установки деталей на платах во многом зависит плотность компоновки схем. На рис. 7 показаны основные из них. Установка транзисторов «набок» (рис. 7, *а—г*) позволяет разместить их над площадью платы, занятой проводниками, или над расположенными близко к плате деталями. Это бывает необходимо при размещении их выводов вблизи высоких деталей, например конденсаторов К50-6 или выводов другого транзистора. В случае установки транзисторов, как показано на рис. 7, *а—г*, их выводы следует изгибать в специальной струбцине, изображенной на рис. 8, *а*. Она жестко фиксирует положение выводов транзистора и воспринимает на себя нагрузку при их изгибании, что гарантирует целость стеклянных изоляторов транзисторов. Процесс изгибания выводов транзистора показан на рис. 8, *в*. Струбцинкой необходимо пользоваться и при изгибании выводов у диодов для установки их по схеме на рис. 7, *и—л* и *р*, *с*. Некоторые варианты установки резисторов и других деталей показаны на рис. 7, *м—п* и *з*. При двухплатном объемном монтаже детали устанавливают, как показано на рис. 7, *т*. Для упрощения разводки и экономии места в некоторых случаях в одно отверстие контактной площадки устанавливают две и даже три детали. В малогабаритной аппаратуре для увеличения плотности монтажа такие отступления от общепринятого правила «одна площадка — один вывод» являются насущными [Л. 38].

Прочность приклейки фольги у современных фольгированных пластиков такова, что контактная площадка диаметром 2 *мм* после нескольких паек способна неограниченное время выдерживать нагрузки до 200 *гс* и более. А при любой реальной комбинации даже трех деталей их суммарная масса на одну площадку не превышает 1 *гс*.

Одновременная пайка двух или трех выводов не снижает качества и надежности паяного соединения. Жидкий припой по образованному между выводами капилляру растекается при пайке вдоль выводов, значительно увеличивая площадь пайки, а следовательно, ее прочность и надежность. Последняя увеличивается еще более по-

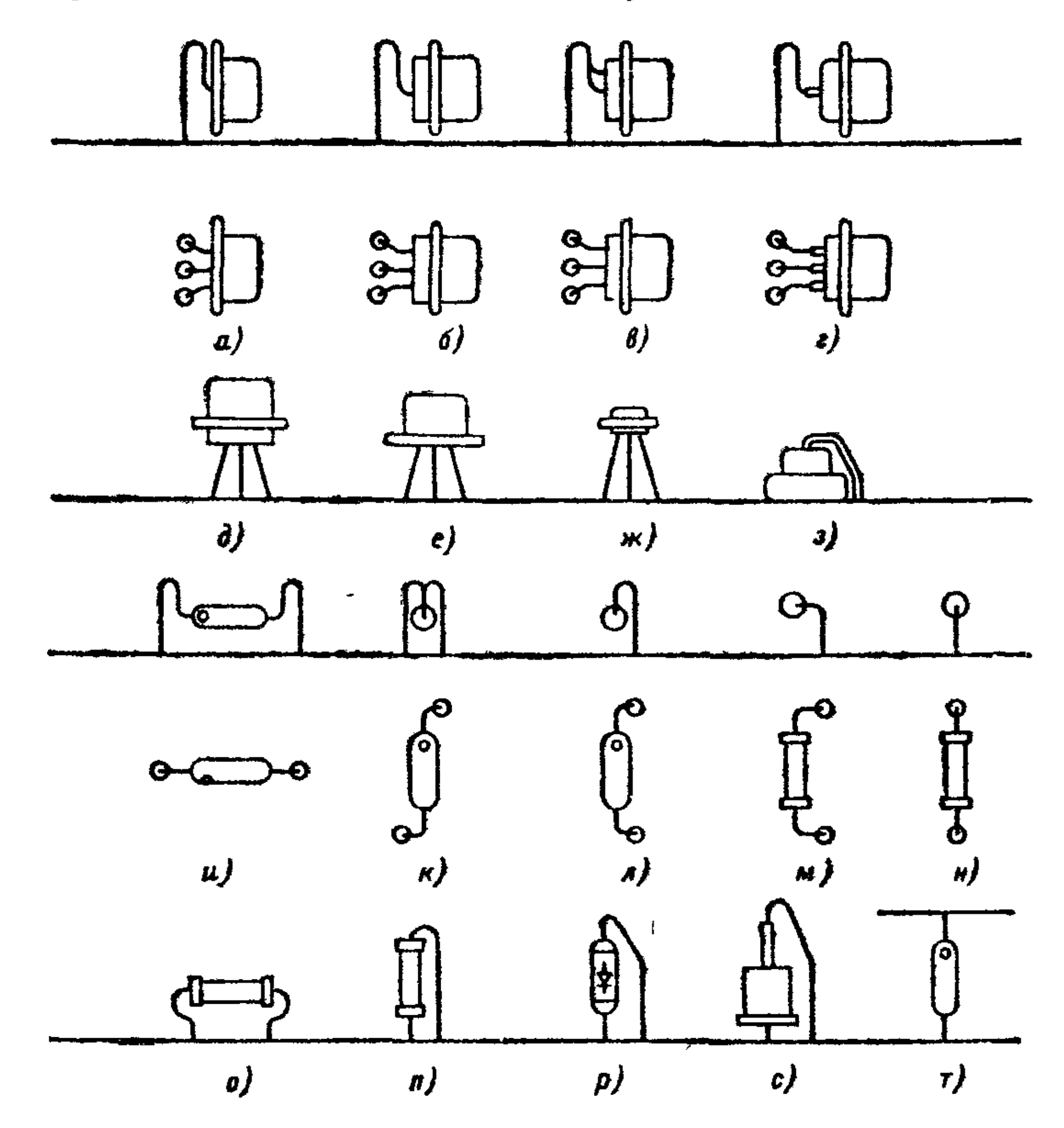


Рис. 7. Основные приемы установки некоторых видов деталей.

тому, что выводы деталей соединяются в одной пайке, а не в нескольких

Формовка выводов деталей в местах их пайки позволяет несколько уменьшить диаметр отверстия и ограничить их движение при определенной высоте детали над платой. Это еще более увеличивает надежность монтажа, исключая возможность отрыва фольги.

К недостаткам такого способа установки и монтажа деталей можно отнести: индивидуальное определение диаметра отверстия и необходимость (желательную, но не строго обязательную) формовать концы выводов. Все это ни в коей мере не приводит к кажущемуся увеличению трудоемкости выполнения монтажа. Выигрыш от упрощения разводки весьма велик, так как зачастую вы-

кранвание места для лишней контактной площадки отнимает времени значительно больше. Следует отметить, что набор увеличенных диаметров отверстий весьма ограничен и сводится чаще всего к двум размерам — 1 и 1,2 *мм*, реже к трем — добавляется еще 1,4 *мм*. Что касается формовки концов, то здесь все дело выражается в необходимости иметь один шаблон, изготовленный из небольшой стальной пластины толщиной 2—2,5 *мм* с несколькими группами (по 6—12) отверстий, выполненных с шагом печати 3 *мм*

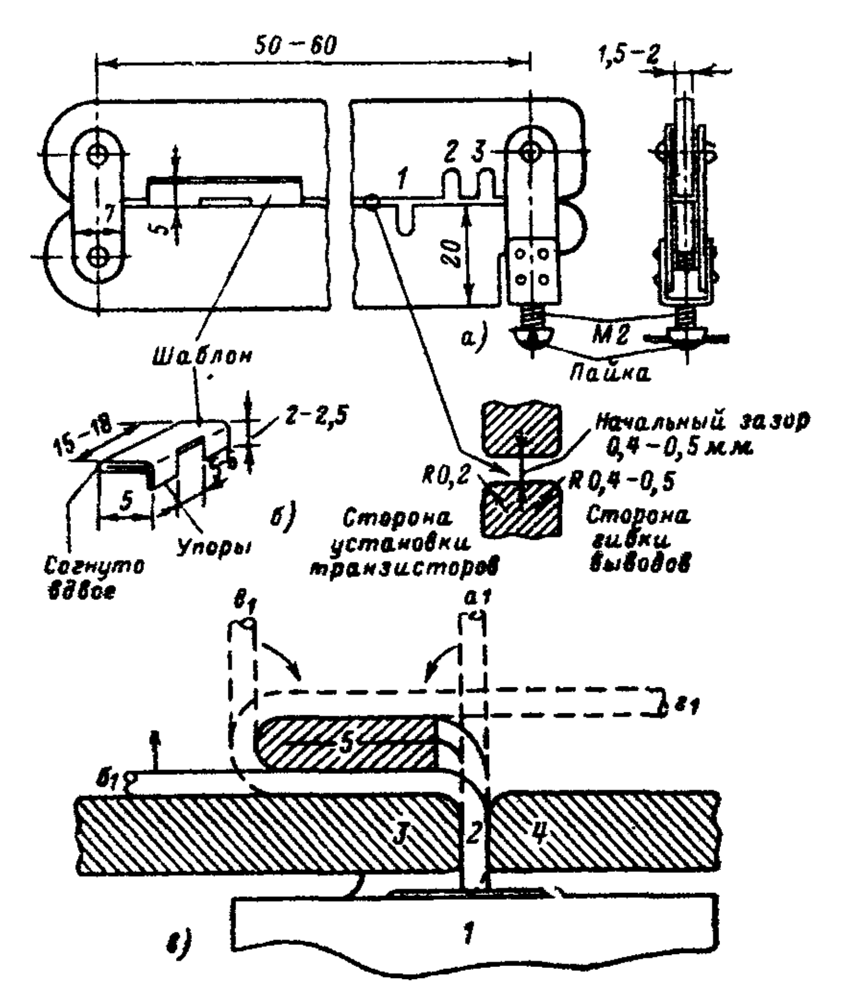


Рис. 8. Струбцина для изгибания выводов транзисторов.

а — конструкция струбцины; *б* — шаблон; *в* — процесс изгибания выводов транзистора; *1* — транзистор; *2* — выводы; *3* и *4* — губки струбцины; *5* — шаблон, $а_1$, $б_1$, $в_1$ и $г_1$ — последовательность операций.

(рис. 9, *а*). Группа отверстий диаметром 1 *мм* должна быть сделана несколько большей. Шесть отверстий в ней, расположенных углом, зенкуют сверлом, заточенным под углом 90° на глубину около 1 *мм* (их использование будет рассмотрено ниже).

Зачастую формовку концов выводов делают просто легким их сплющиванием плоскогубцами, которыми выпрямляют и изгибают выводы. С этой целью неплохо у корня одной из губок сделать углом надфиля пропил глубиной около 0,4 *мм*, как показано на рис. 9, *б* Примеры формовки показаны на рис. 9, *г—ж*. Для большей ясности следует остановиться на нескольких основных приемах формовки.

Резисторы УЛМ-012 и ВС-0125, как правило, имеют в плоских ножках выштампованные канавки выпуклостями внутрь. При высокой установке этих резисторов совместно с деталями, имеющими круглое сечение выводов, никакой дополнительной формовки не требуется (рис. 9, *г*, сплошная линия). В случае же низкой установки канавку формуют на планке с отверстиями: резистор вставляют обеими ножками в отверстия нужного диаметра. Под него подкладывают полоску картона необходимой толщины (высота установки

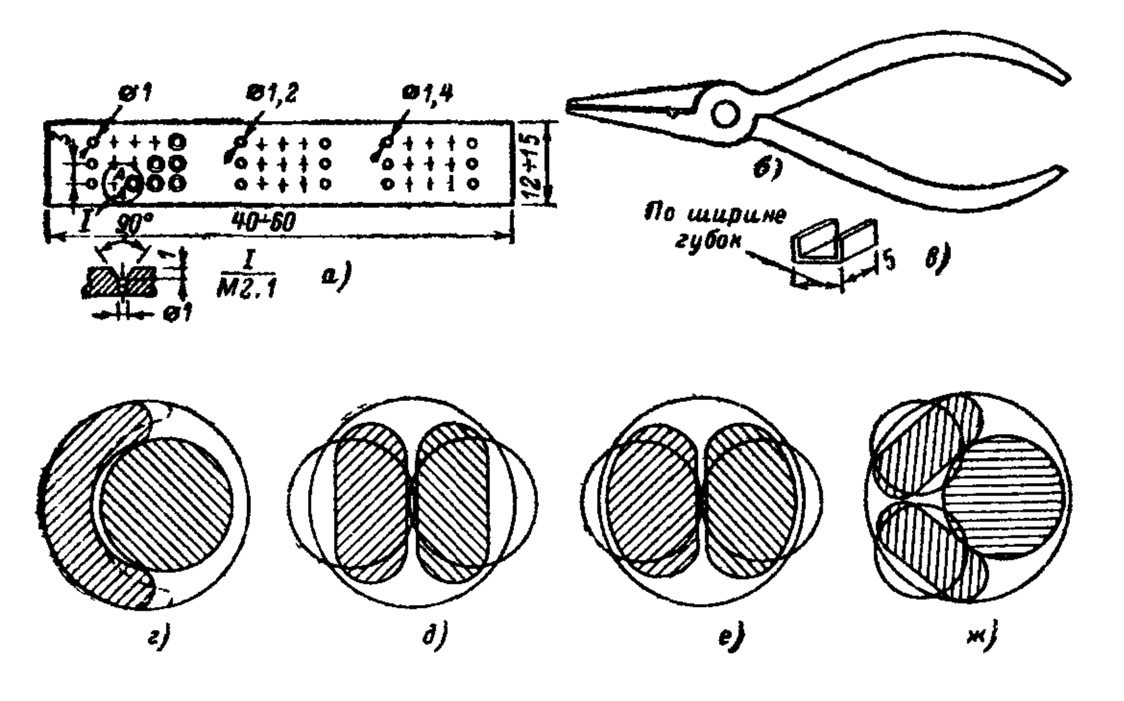


Рис. 9. Инструмент для формовки выводов.

а — формовочная планка; *б* — плоскогубцы с пропилом; *в* — вкладыш; *г* — *ж* — примеры формовки выводов для размещения в одном отверстии.

на печатной плате). Выводы формуют концом шила или швейной иглы. Профиль вывода получается, как показано штрихом на рис. 9, *г*. В случае размещения вместе двух круглых выводов одного диаметра формовка может быть выполнена просто легким сплющиванием «на полукруг» (рис. 9, *е*). Такое сплющивание делают плоскогубцами с пропилом. При такой формовке лучше используется сечение отверстия.

Пример формовки трех круглых выводов показан на рис. 9, *ж*. Он не требует особых пояснений Можно только добавить, что при необходимости подформовывать сплющенные выводы можно в отверстиях формовочной планки при помощи шила или иглы. После нескольких пробных формовок на кусках мягкой проволоки вырабатывается необходимая сноровка, и эта операция никаких затруднений уже не вызывает.

Детали, выводы которых расположены на расстоянии, кратном 2,5, т. е. предназначенные для использования печати с шагом 2,5 *мм*, могут быть использованы и с шагом печати 3 *мм*. Для этого необходимо отформовывать их выводы Так, например, выводы транзистора КТ-315 формуют простым разворотом на угол 90° его крайних выводов (рис. 10, *а*), после чего они имеют возможность несколько отгибаться в продольном направлении. Формовка выводов конденсаторов К50-6 производится их отгибанием в плоскости выводов (рис. 10, *б*), что можно делать плоскогубцами или с использованием формовочной планки (рис. 9, *а*). Для этой формовки используют отверстия, имеющие зенковку. В зависимости от типоразмера конденсатора подбирают ближайшее (желательно в большую сторону) подходящее расстояние между центрами отверстий, например, для 2,5 это будет 3 *мм*, а для 7,5—8,5 (два расстояния между отверстиями, расположенными по диагонали), после этого концы конденсатора вставляют в отверстия планки со стороны зенковки и плотно прижимают его к планке. При любом способе фор-

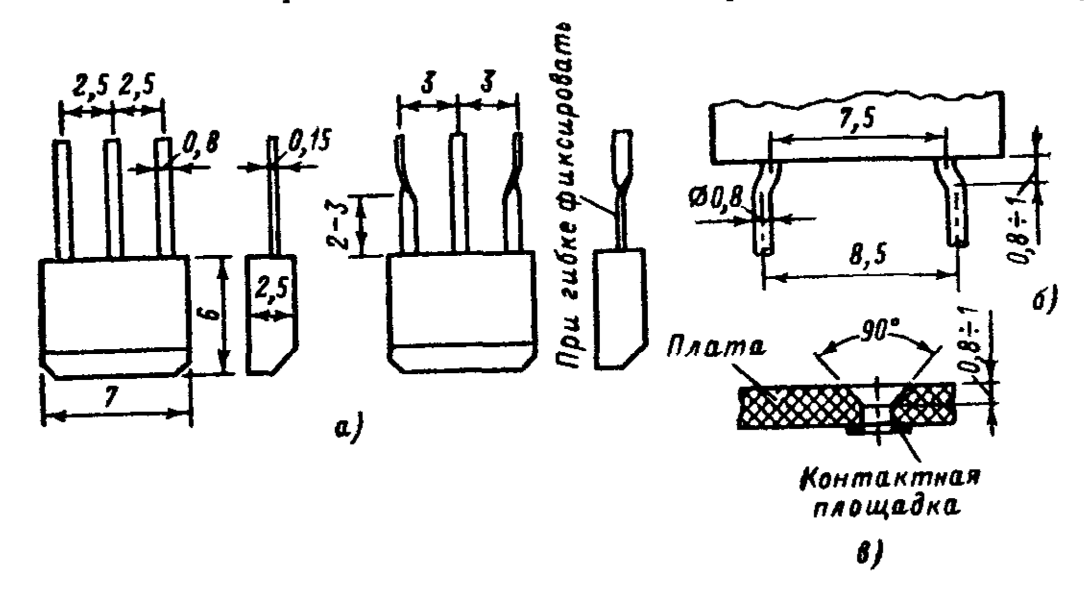


Рис. 10. Примеры формовки выводов деталей с шагом 2,5 *мм* для установки на плату с шагом 3 *мм*.

а — транзистор КТ-315 до и после формовки выводов, *б* — формовка выводов конденсатора К50 6; *в* — зенковка отверстия в плате для установки деталей с шагом 2,5 *мм*.

мовки выводов для установки на плату конденсаторов с шагом 2,5 *м* в ней необходимо сделать зенковку (рис. 10, *в*). В случае, когда контактная площадка для установки конденсатора служит и переходной (печать с обеих сторон), в ней зенковку делать не следует и такую ножку вставляют в отверстие без зенковки. В таких случаях под конденсатор должна быть подложена шайба из какого-либо изоляционного материала толщиной 0,5—0,6 *мм*, например прессшпана На месте пайки переходной перемычки, если она мешает плотной установке конденсатора, в шайбе делают вырез. При монтаже приборов все детали, располагающиеся в плоскости платы, устанавливают от нее на расстоянии не менее 1 *мм*, а также широко используют размещение их в несколько «этажей» [Л 38].

Пайка. Прочность и надежность пайки не зависят от количества олова, находящегося вокруг вывода детали, а целиком зависят от прочности сцепления припоя с ним и поверхностью контактных площадок. Большое значение в этом имеют флюс и чистота поверхности вывода в месте пайки — отсутствие лакокрасочного покрытия, окислов или жировой пленки. Немаловажное значение в надежности пайки имеет паяная площадь вывода. Выполнение данного требования вступает в противоречие с удобством ведения пайки, от

которого зависит ее скорость. При неудобной пайке невозможно одновременно и равномерно прогреть как контактную площадку, так и вывод детали. Из опыта монтажа конструкций с печатными платами следует, что оптимальная высота вывода детали над контактной площадкой составляет 0,3—0,5 *мм*. Пайка должна иметь правильную сферическую форму, поверхность ее должна быть без пористости, загрязнений, наплывов и острых выпуклостей припоя. Припой должен заливать место соединения со всех сторон, заполняя щели и зазоры между выводами детали и контактной площадкой. Конец вывода детали также не должен выступать над пайкой.

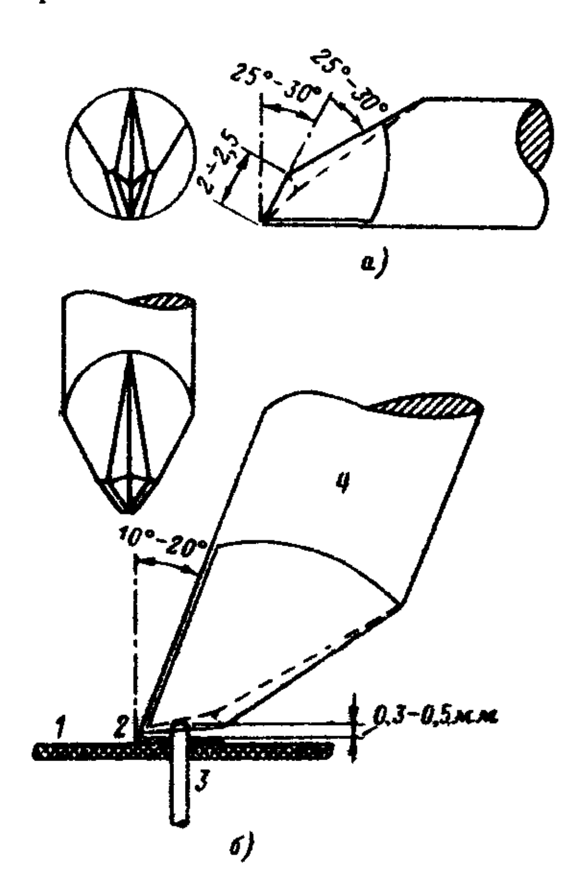


Рис. 11. Форма жала паяльника.
а — заточка жала; *б* — положение паяльника при пайке; *1* — печатная плата; *2* — контактная площадка; *3* — вывод детали; *4* — жало паяльника.

Высокое качество пайки можно получить при соблюдении следующих правил: жало паяльника должно быть очищено от нагара и хорошо облужено; количество флюса, наносимого на место пайки, должно быть минимальным и он не должен растекаться за пределы места пайки; время пайки должно быть минимальным (не более 1,5—2 *сек*); жало паяльника должно быть нагрето до требуемой температуры.

Нормальный температурный режим паяльника будет такой, при котором припой быстро плавится, но не скатывается с жала; канифоль сгорает не мгновенно, а остается на жале в виде кипящих капелек.

Важное значение для хорошего качества пайки имеет правильная заточка жала паяльника. Наилучшие результаты получаются при заточке, показанной на рис. 11, *а*. Положение паяльника при пайке показано на рис. 11, *б*. Для пайки применяют электрический паяльник мощностью 40—50 *вт*. Обычно все имеющиеся в продаже паяльники не рассчитаны для работы с печатным монтажом и имеют высокую температуру нагрева.

П а я т ь п е ч а т н ы й м о н т а ж п е р е г р е т ы м п а я л ь н и к о м н е д о п у с т и м о. Целесообразно поэтому паяльник питать через ЛАТР-2 или регулятор напряжения, применяемый для питания телевизоров. Опытом установлено, что наилучшая температура большинства маломощных промышленных паяльников получается при напряжении 150—190 *в*. Пайка ведется с применением тех же флюсов, что и облуживание контактных площадок. Припои лучше всего использовать низкотемпературные: ПОС-61 (59—61% олова) и «третник» (63% олова). Температура их плавления соответственно 185—190 и 180° С. На жале паяльника во время пайки должно

быть небольшое количество припоя, но достаточное для получения одной нормальной пайки.

Форма паек в разрезе показана на рис. 12, *а*. В отличие от промышленного монтажа двусторонних печатных плат для перехода с одной стороны на другую применяют проволочные перемычки, проходящие через специальные контактные площадки (рис. 12, *б*), или совместно с деталями, если выполнение специальной контактной площадки невозможно (рис. 12, *в*—*г*). Перемычки выполняют из трех-четырех тонких луженых проводников диаметром

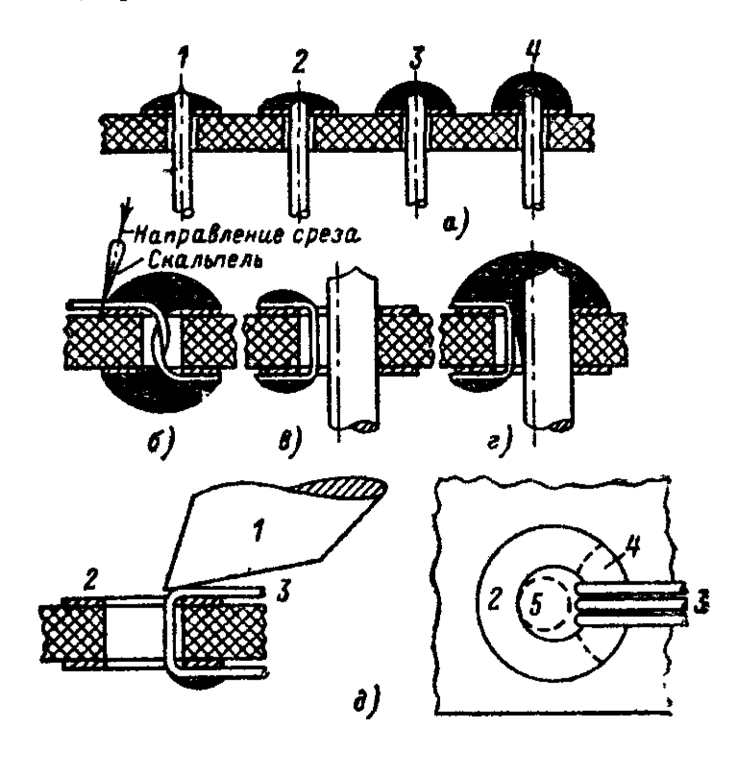


Рис. 12. Методы пайки.
а — формы паек; *2* и *3* — правильные; *1* и *4* — неправильные; *б*, *в* и *г* — пайка переходов с одной стороны платы на другую; *д* — положение паяльника при предварительной пайке: *1* — жало паяльника; *2* — контактная площадка; *3* — проводники перемычки; *4* — примерная площадка предварительной пайки; *5* — положение вывода детали.

0,07—0,12 *мм*. При пайке на специальных контактных площадках положение проводников в отверстии может быть произвольное (рис. 12, *б*). Проводники-перемычки в случае совместной установки с другими деталями должны располагаться без перехлестов и выводиться на обеих сторонах платы в одном направлении (рис. 12, *в*—*д*). Правильно уложенная перемычка не должна препятствовать прохождению в отверстие вывода детали. В случае необходимости диаметр отверстия увеличивают на 0,1—0,15 *мм*. После укладки проводников перемычки в отверстие платы их предварительно паяют концом паяльника с небольшим количеством припоя (рис. 12, *д*). Отверстие в плате ни в коем случае не должно заливаться припоем. После установки детали пайка производится только с одной стороны (рис. 12, *г*). Излишние концы проводников перемычек срезают острием скальпеля у паек (рис. 12, *б*). По окончании монтажа платы тщательно очищают с обеих сторон от остатков

флюса путём протирания ватными тампонами, смоченными каким-либо растворителем. После этого плату обязательно протирают спиртом.

Конструкция каркаса

Приборы выполнены в одинаковых по габаритам каркасах из стальных уголков. Внешние размеры каркаса составляют 56,5×111,5×140 *мм* с допуском на каждый из них ±0,2 *мм* (рис. 13). Монтажные платы размещают вертикально в специальных направляющих, закрепленных на верхней и нижней плоскостях каркаса. Для установки переключателей и крепления направляющих коротких плат внутри каркаса устанавливают дополнительные детали и узлы также из стальных уголков. Соединение всех деталей каркаса между собой выполняют в основном пайкой.

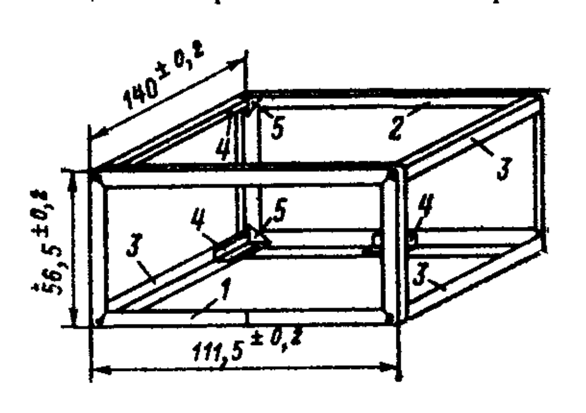


Рис. 13. Каркас прибора.

1 — передняя рама; *2* — задняя рама; *3* — боковой уголок; *4* — накладка; *5* — угольник.

Каркас изготовляют из стального уголка 5×5×0,5 *мм*. Пригодны уголки из материала толщиной 0,3—0,6 *мм* с полками от 4 до 7 *мм* как равными, так и не равными. Для дополнительных деталей каркаса можно взять уголок, начиная с размера 3×3 *мм*. В случае отсутствия готовых уголков их несложно изготовить на любой гибочной машине из полосок мягкой листовой стали толщиной 0,3—0,5 *мм* или белой жести.

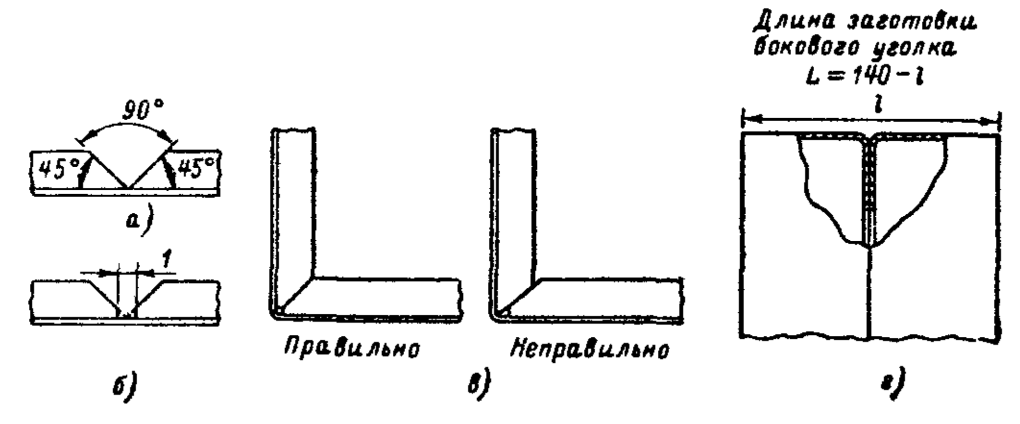


Рис. 14. Изготовление деталей каркаса.

а, б — подготовка уголка к гибке; *в* — согнутый уголок; *г* — измерение суммарной ширины (*l*) уголков передней и задней рам каркаса для нахождения длины заготовки бокового (*L*) уголка.

Основными деталями каркаса служат передняя и задняя рамы сгибаемые из уголка. В месте изгибания уголка делают пропил с углом 90°, симметрично расположенный относительно плоскости уголка (рис. 14, *а*). В вершине углового пропила ребром плоского

надфиля пропиливают прямоугольный паз шириной около 1 *мм* (рис. 14, *б*). После пропиливания уголок легко изгибается. Точная подгонка сгиба производится на прямоугольном бруске, три смежных грани которого запилены под внутренние радиусы уголков. При подгонке лучше всего пользоваться текстолитовым молоточком.

При использовании для изготовления каркаса уголков с неравными полками, например 4×7×0,5 *мм*, пропилы для изгибания рам следует делать в узкой стороне, а гнуть по широкой. После изготовления передней и задней рам измеряют суммарную ширину уголков в каждом из углов рамы (рис. 14, *г*). Если полученные размеры разнятся не более чем на 0,2 *мм*, то заготовки боковых уголков делают одного размера. При большей разнице заготовки боковых уголков делают необходимого для каждого угла размера. Такое их изготовление устранит возможные перекосы в каркасе.

Все детали в местах пайки должны быть тщательно зачищены и залужены. Если уголки сделаны из белой жести, то лудить их не надо. В качестве флюса при лужении можно пользоваться хлористым цинком (травленая кислота). Можно применять и другие флюсы [Л. 8]. Лудить удобнее всего с дополнительным подогревом обычным маломощным электропаяльником. Дополнительным источником тепла может служить мощный электрический паяльник или электроплитка со скрытой спиралью. Залуженные места должны быть покрыты ровным тонким слоем припоя. Все его излишки должны быть удалены. После лужения детали моют щеткой в горячей воде для удаления остатков флюса.

Затем скрепляют стыки на рамах. Эту операцию выполняют с помощью напайки с внутренней стороны уголка накладки (рис. 15, *в*). Уголки для напайки лучшего всего согнуть из белой

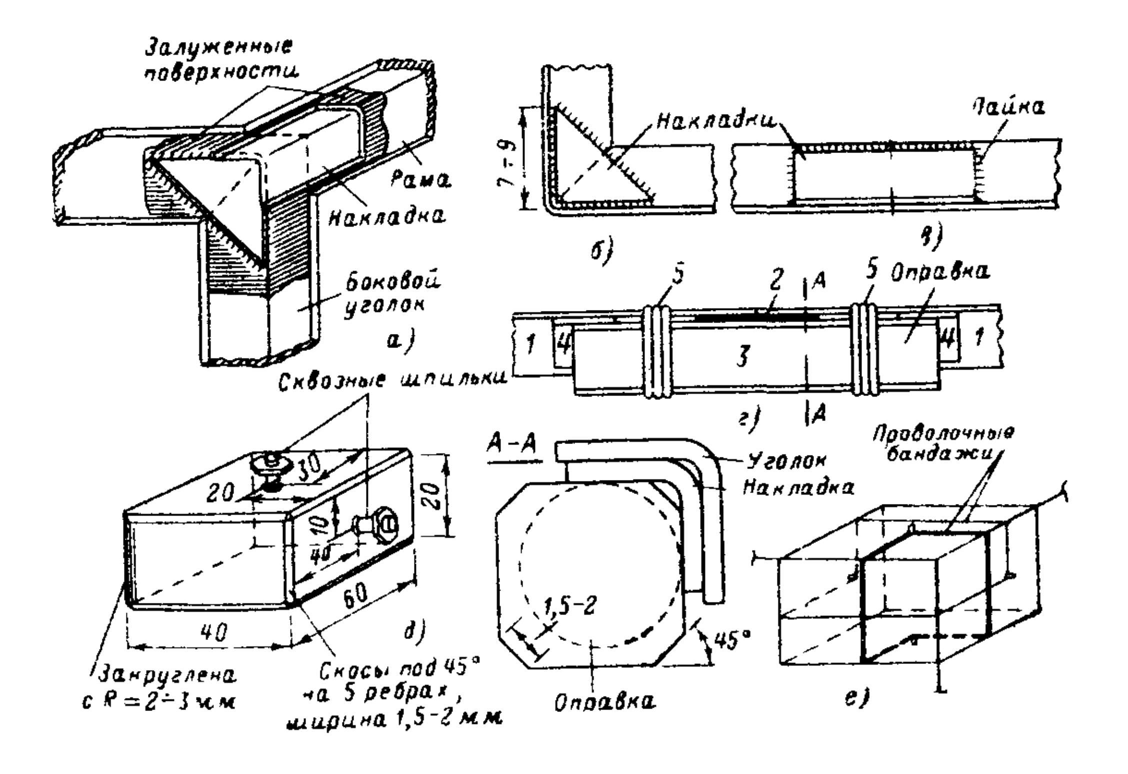


Рис. 15. Изготовление каркаса.

а — установка накладки при пайке каркаса; *б, в* — пайка накладок на рамы; *г* — установка оправки для пайки «встык»; *д* — оправка для пайки каркаса; *е* — схема установки оправки.

жести. Такие уголки не требуют лужения. Эта и все последующие пайки ведут только с канифольным флюсом. Пайку лучше всего вести на оправке. Ею может служить стержень из текстолита диаметром 6 *мм* или более. Установка такой оправки показана на рис. 14, *г*.

После пайки стыков рамы их рихтуют под угольник и в плоскости. В углы отрихтованных рам напаивают треугольные накладки (рис. 15, *б*). Рамы с боковыми уголками соединяют также припаиванием накладок (рис. 15, *а*). Эту пайку лучше всего вести на оправке, изображенной на рис. 15, *д*. Она представляет собой прямоугольный брусок из текстолита или гетинакса размерами около

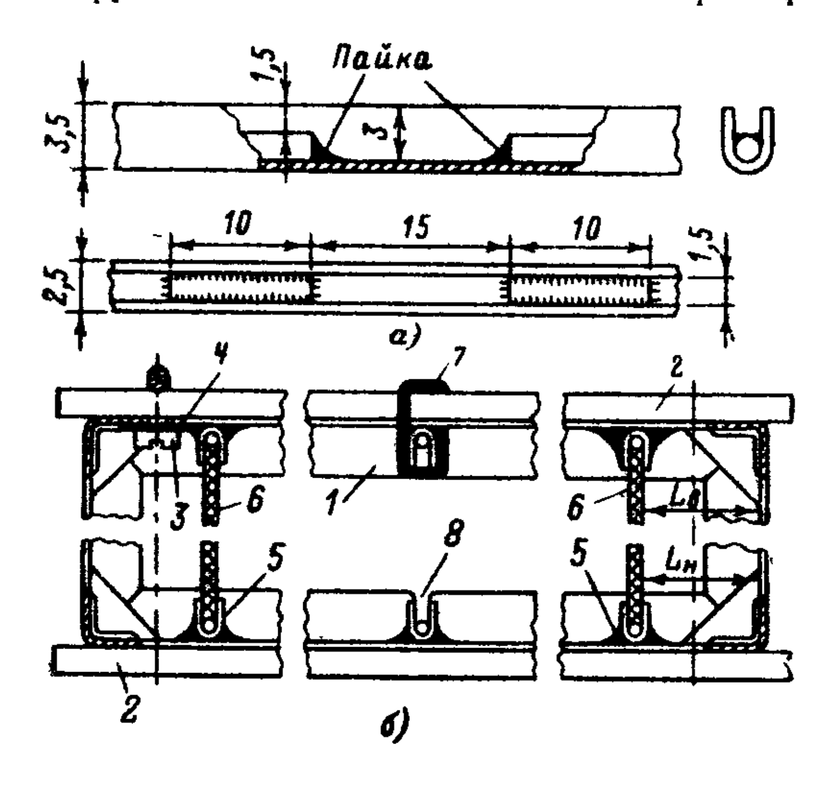


Рис. 16. Направляющая (*а*) и установка направляющих в каркасе (*б*).

20×40×60 *мм*. Прямой угол между его смежными плоскостями должен быть выдержан с возможно большей точностью. В двух плоскостях бруска (40×60 и 20×60) сверлят сквозные отверстия диаметром 3,5 *мм* и в них устанавливают две шпильки. На них навинчивают гайки. Между гайками и бруском должен оставаться зазор не менее 2 *мм* с каждой стороны. Уголки к оправке прикрепляют двумя перекрестными проволочными бандажами (рис. 15, *е*). После пайки каркас следует тщательно очистить от канифоли и протереть ацетоном или скипидаром.

Для установки в каркасе печатных плат применяют направляющие П-образного сечения. Изготовляют их из того же материала, что и уголки. Наружные их размеры 2,5×3,5 *мм*. Для уменьшения глубины паза внутрь направляющих впаивают медную проволоку диаметром 1,5 *мм*. Впаивание сплошного стержня сильно утяжеляет направляющую, поэтому лучше впаивать отрезки длиною 10—15 *мм* через промежутки 15—20 *мм*. Конструкция такой направляющей показана на рис. 16, *а*.

Прикрепляют направляющие к каркасу пайкой внахлест. Для того чтобы избежать перекосов направляющих при пайке их к каркасу, ее производят со вставленными короткими отрезками плат (51,5×15 *мм*). Лучше всего для этой цели подходят обрезки стеклотекстолита. На рис. 16, *б* изображена установка направляющих в каркас для пайки. С верхней и нижней сторон каркаса *1* укрепляют по одной или по две гетинаксовые планки *2*, имеющие размер 5×10×120 *мм*. Планки укрепляют винтами *3* и шайбами *4*. После этого устанавливают направляющие *5* со вставленными в них отрезками плат *6*. Крепят направляющие к планкам *2* наложением бандажа *7* из мягкой проволоки. Перед пайкой штангенциркулем проверяют расстояние $L_в$ и $L_н$ в верхней и нижней частях каркаса как у передней, так и у задней рамы. Направляющие припаивают с дополнительным подогревом. Обязательно проверяют все размеры и, если все в порядке, удаляют бандажи *7* и снимают планки *2*. В задней раме по внутреннему размеру направляющих пропиливают пазы *8*. Через них вынимают вспомогательные планки *6*, а в дальнейшем будут вставлять печатные платы. Все специфические для каждого прибора узлы и детали каркаса устанавливают всегда только с его внутренней стороны.

Глава вторая

ОСЦИЛЛОГРАФ ТО-6

Характеристика и структурная электрическая схема

Транзисторный осциллограф — удобный малогабаритный прибор. Им можно пользоваться как самостоятельно для проведения различных измерений и исследований в схемах с непрерывными или импульсными сигналами, так и совместно с другими приборами. Он позволяет: наблюдать импульсные и синусоидальные напряжения от 3 *мв* до 250 *в*, а с выносным делителем до киловольта и более; измерять амплитуды исследуемых напряжений; сравнивать две частоты по фигурам Лиссажу или калибруя развертку внешним стабильным генератором [Л. 12]; измерять длительности наблюдаемых процессов (с внешним генератором для создания яркостных меток по каналу *Z*); измерять добротность контуров и коэффициент их взаимосвязи [Л. 12] и многое другое.

Осциллограф имеет следующие основные параметры.

Вертикальный усилитель Y. Полоса пропускания на уровне ±3 *дб* от 5 *гц* до 6 *Мгц*, входное сопротивление (на низкой частоте) 3 *Мом*, входная емкость (на частоте 1 *Мгц*) менее 9 *пф*, чувствительность 1,5 *мв/мм*, диапазон входных напряжений от 3 *мв* до 250 *в*, ступени ослабления входного аттенюатора 1 000; 100; 10 и 1 с точностью не ниже ±5%.

Горизонтальный усилитель X. Полоса пропускания на уровне ±3 *дб* от 5 *гц* до 0,1 *Мгц*, входное сопротивление (на низкой частоте) 0,3 *Мом*, входная емкость (на частоте 500 *кгц*) менее 15 *пф*, чувствительность 1,4 *мв/мм*, диапазон входных напряжений от 3 *мв* до 250 *в*, ступени ослабления входного аттенюатора 1 000; 100; 10 и 1 с точностью ±10%, растяжка развертки не менее 5.

Генератор развертки. Работает в режимах непрерывном и ждущем, диапазон изменения длительностей от 250 *мсек* до 2,5 *мксек* (разбит на четыре поддиапазона), перекрытие поддиапазонов по длительности более 50; предусмотрена возможность дистанционного управления длительностью развертки.

Синхронизация (запуск) внешняя и внутренняя, чувствительность менее 1 *мв*, максимальное внешнее входное напряжение 10 *в*.

Канал яркостных меток (Z) имеет чувствительность менее 50 *мв*, максимальное входное напряжение 10 *в*.

Дополнительные устройства дают возможность получать от осциллографа пилообразное напряжение развертки обеих полярностей амплитудой около 1 *в* на нагрузке не менее 5 *ком*, прямоугольные импульсы (импульсы обратного хода развертки— ИОХ) обеих полярностей амплитудой не менее 7 *в* на нагрузке не менее 1 *ком*, калиброванные напряжения амплитудой 10, 1 и 0,1 *в* на нагрузке не менее 50 *ком* с точностью $\pm 2\%$.

Питание прибора — постоянный ток напряжением 5—6 *в*, потребляемый ток около 1 *а*, масса прибора 0,7 *кг*.

Структурная электрическая схема осциллографа показана на рис. 17. Исследуемый сигнал подается на вход (вход Y) широкополосного усилителя вертикального отклонения (усилитель Z). Ослабленный аттенюатором до необходимой величины сигнал поступает на согласующий каскад. Этот каскад позволяет получить высокоомный вход осциллографа. Затем сигнал усиливается предварительным усилителем и инвертируется Равные по амплитуде, но противоположные по фазе сигналы поступают на выходной каскад, с выхода которого напряжение сигнала подается на вертикально отклоняющие пластины электроннолучевой трубки 6ЛО1И.

Работа усилителя горизонтального отклонения (усилителя X) при подаче сигнала на его внешний вход (вход X) аналогична работе усилителя Y. При работе от собственного генератора развертки, напряжение пилообразной формы поступает с него непосредственно на согласующий каскад усилителя X.

Для синхронизации (или запуска в ждущем режиме) генератора развертки внешним или исследуемым сигналом служит усилитель синхронизации. Сигнал на него подается либо со входа внешней синхронизации (вход BC), либо с согласующего каскада усилителя Y — внутренняя синхронизация.

Засветка экрана электроннолучевой трубки при обратном ходе луча устраняется запиранием ее на это время Для этого используется импульс, вырабатываемый генератором развертки во время обратного хода. Он через усилитель гасящего импульса подается в отрицательной полярности на модулятор трубки.

Яркостные метки на экране осциллографа получаются путем подачи напряжения сигнала на катод электроннолучевой трубки через усилитель подсвета. Сигнал на него подается через входное гнездо Z.

Запуск или синхронизацию различных внешних схем и устройств, используемых совместно с осциллографом, хорошо осуществлять синхронным с разверткой импульсом. Им может служить импульс обратного хода развертки. Может понадобиться и пилообразное напряжение. Для этого в схеме предусмотрены специальные выходные каскады, с которых на выходные гнезда подаются импульсы обратного хода (ИОХ) и пилообразное напряжение обеих полярностей.

Калибровка усиления вертикального канала осциллографа для измерения амплитуд исследуемых напряжений производится путем

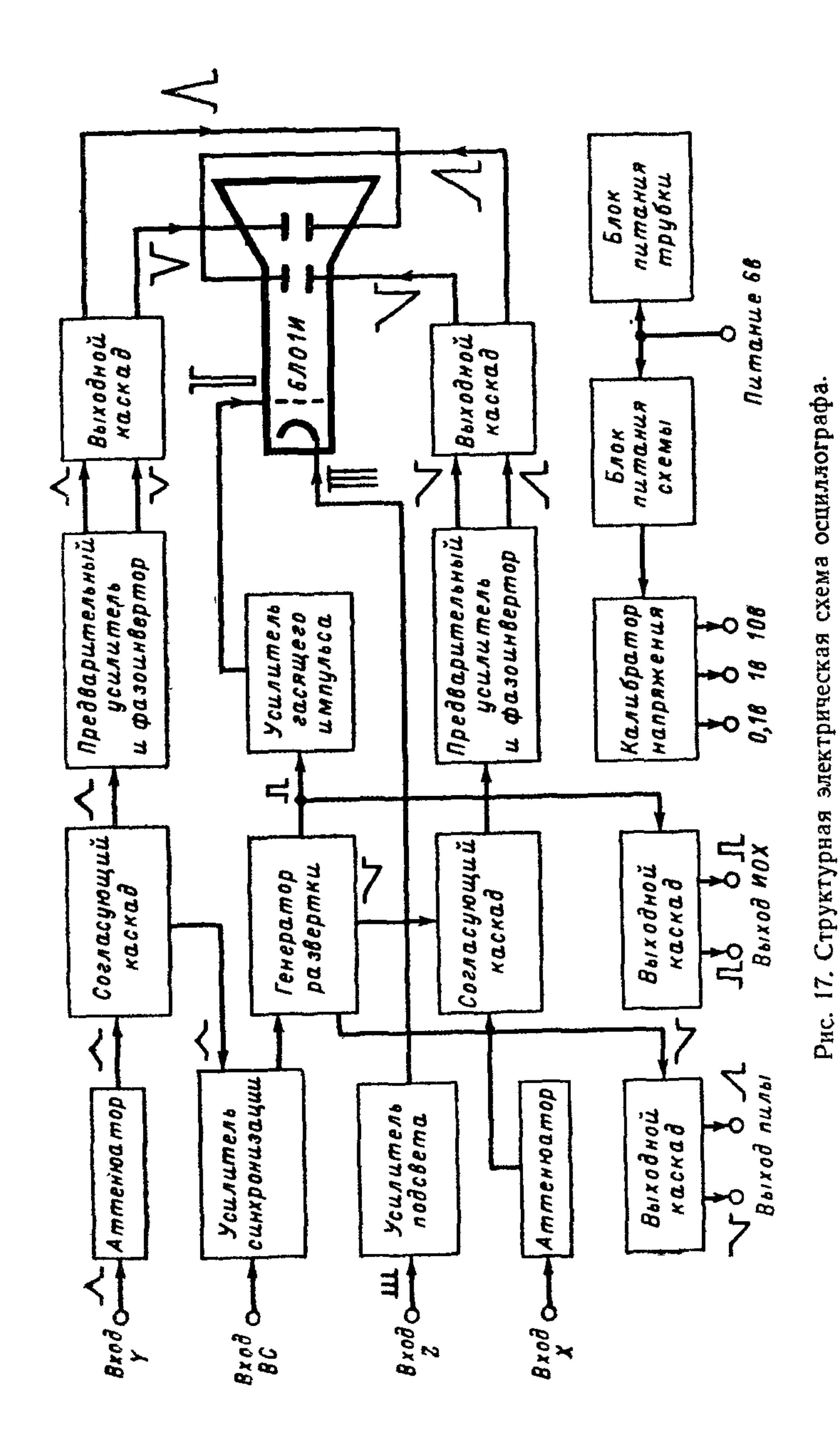


Рис. 17. Структурная электрическая схема осциллографа.

подачи на его вход калиброванных импульсов напряжения с амплитудой 0,1; 1 и 10 *в*. Они поступают на выходные гнезда с калибратора напряжения. Весь осциллограф питается от двух блоков: одного для питания транзисторов, другого для питания электродов трубки. Напряжения в каждом из блоков вырабатываются электронными преобразователями.

Принципиальная электрическая схема

Принципиальная электрическая схема осциллографа приведена на рис. 18.

Усилитель вертикального отклонения. Исследуемый сигнал, усиленный широкополосным усилителем, выполненным на транзисторах T_1—T_{10}, подается на вертикально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки 6ЛО1И. Сигнал поступает на гнездо *Y*, соединенное со входом широкополосного ступенчатого аттенюатора на резисторах R_1—R_4 и конденсаторах C_1—C_4. Аттенюатором управляют двухкнопочным переключателем. Порядок работы кнопок показан в таблице, приведенной на принципиальной схеме. Активное сопротивление аттенюатора около 3 *Мом*, что и определяет входное сопротивление осциллографа на низких частотах.

При ослаблении аттенюатора, равном 1, сигнал со входа подается непосредственно на базу транзистора T_1 согласующего каскада. Этот каскад собран на транзисторах T_1—T_3 по схеме каскодного эмиттерного повторителя с коллекторной компенсацией потерь на входе [Л. 1]. Это дает возможность получить высокое входное сопротивление при малой входной емкости и широкой полосе. Все три транзистора каскада высокочастотные (П415Б). Первый транзистор — составной T_1, T_2. Входное сопротивление на частоте 50 *гц* примерно 3 *Мом*, входная емкость около 2,5 *пф* (на частоте 1 *Мгц*). Для устранения наводок на входные цепи весь аттенюатор вместе с транзистором T_1 помещены в экран. Вследствие этого входная емкость схемы возрастает до 7—8 *пф*. Каскад передает без искажения амплитуду более 2 *в*. Нагрузкой его служит потенциометр R_8, регулирующий величину сигнала на входе предварительного усилителя. Стабилизация режима входного каскада и развязка его по цепи питания от остальной схемы производятся резистором R_{10}, стабилитроном $Д_1$ (Д808) с напряжением стабилизации 7,5—7,6 *в* и конденсатором C_6.

Предварительный усилитель выполнен по каскодной схеме общий коллектор — общая база [Л. 1] на транзисторах T_4 (П415Б) и T_5 (П503А) разных типов проводимостей. Входное сопротивление схемы несколько повышено путем применения компенсирующей связи по переменному току с эмиттера T_4 на среднюю точку делителя R_{15}—R_{16} через конденсатор C_{14}. Достаточно высокое входное сопротивление усилителя позволяет ограничиться сравнительно небольшой переходной емкостью конденсатора C_9, не ухудшая частотной характеристики со стороны низких частот. Для выравнивания частотной характеристики каскада применена цепь развязки $R_{18}C_{10}$. Расширение полосы усилителя в сторону верхних частот достигается включением в коллекторную цепь транзистора T_5 дросселя $Др_2$. С коллектора транзистора T_5 усиленный сигнал поступает на базу транзистора T_6 (П416), на котором выполнен фазоинвентор. Связь между этими каскадами гальваническая. Частотная характеристика фазоинвентора на высоких частотах корректируется включением в коллекторную цепь транзистора T_6 дросселя $Др_3$, зашунтированного резистором R_{24}, а также включением параллельно его эмиттерной нагрузке конденсатора небольшой емкости C_{15}. С нагрузок фазоинвентора (R_{19} и R_{20}) сигнал через разделительные конденсаторы C_{16} и C_{17} поступает на базы транзисторов T_7 и T_8 выходного каскада. Выходной каскад двухтактный Он состоит из двух одинаковых каскадных схем на транзисторах T_7, T_9 и T_8, T_{10}. Они построены по тому же принципу, что и предварительный усилитель — на транзисторах с разными типами проводимостей (транзисторы T_7 и T_8 — П416А, транзисторы T_9 и T_{10} — П309).

Для выходного каскада при заданном питающем напряжении и выбранных типах транзисторов их коллекторные токи определяются сопротивлениями нагрузок. Величины этих сопротивлений зависят от требуемой ширины полосы пропускания каскада, амплитуды сигнала и мощностей рассеивания транзисторов. Чтобы мощности рассеивания транзисторов не превышали допустимых, сопротивления нагрузок должны быть большими. Однако из-за шунтирующего действия емкостей отклоняющих пластин электроннолучевой трубки уменьшается полоса пропускания усилителя на высоких частотах. Если в выходном каскаде не применять частотной коррекции, сопротивления нагрузочных резисторов для заданной полосы пропускания должны быть малыми (не более 3—5 *ком*). В этом случае мощность, рассеиваемая высоковольтным транзистором в каждом плече схемы, либо равна предельной, либо значительно ее превышает, что недопустимо. Вообще, повышенное рассеивание мощности в малогабаритных транзисторных приборах крайне нежелательно из-за сложности отвода тепла. Поэтому сопротивлении нагрузочных резисторов R_{25} и R_{26} выбраны достаточно большими (7,5 *ком*), а требуемая ширина полосы пропускания достигнута включением последовательно с ними корректирующих дросселей $Др_6$ и $Др_7$ (параллельная коррекция). В цепь подачи сигнала на отклоняющие пластины включены дроссели $Др_5$ и $Др_8$ (последовательная коррекция). Это приводит к тому, что выходные емкости транзисторов T_9 и T_{10} и емкости отклоняющих пластин трубки оказываются разделенными и их влияние на частотную характеристику усилителя уменьшается [Л. 13]. Цепи смещения баз выходных транзисторов T_9 и T_{10} зашунтированы малыми емкостями. Величина их также влияет на частотную характеристику каскада. На вертикально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки напряжение сигнала с усилителя поступает через разделительные конденсаторы C_{20} и C_{21}.

Генератор развертки выполнен на транзисторах T_{27}, T_{29}—T_{31} (П414А) по схеме фантастронного генератора на трех транзисторах (T_{27}, T_{29} и T_{30}). Принцип работы такой схемы подробно описан в литературе [Л. 2 или Л. 3]. Входной транзистор токостабилизирующего усилителя выполнен составным (T_{30}, T_{31}).

Управление длительностью развертки электронное — в качестве разрядного сопротивления использован кремниевый транзистор T_{32} (П501), включенный по схеме с общей базой. Он работает стабилизатором тока. Коллекторный ток транзистора в этой схеме мало зависит от сопротивления в цепи коллектора, а определяется напряжением на его базе, которое устанавливают потенциометром R_{87}. Применение в этой цепи кремниевого транзистора дает возможность получить очень большое перекрытие по частоте (более 100). В схеме осциллографа перекрытие установлено примерно 50 путем введения последовательно с потенциометром R_{87} резисторов R_{86} и R_{88}. Эта схема позволяет управлять частотой развертки дистанционно, для

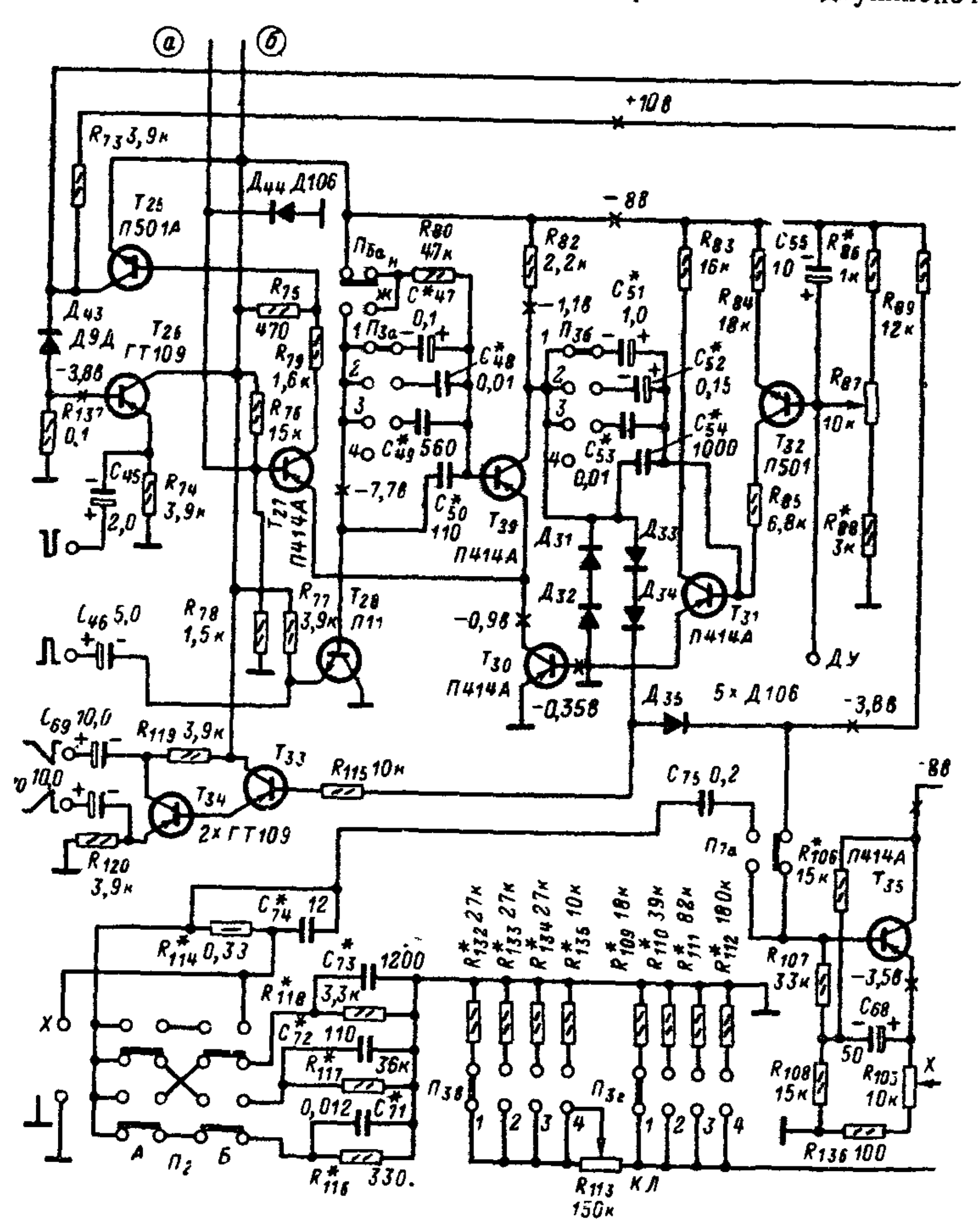
чего предусмотрен специальный вход — гнездо *ДУ*. Весь диапазон длительностей развертки разбит на четыре поддиапазона. С одного поддиапазона на другой переходят путем переключения конденсаторов в двух группах C_{47} — C_{50} и C_{51} — C_{54} переключателем $П_3$. Синхронизация развертки в непрерывном и запуск ее в ждущем режимах происходит подачей синхронизирующих импульсов на базу транзистора T_{27}. Режим работы генератора (непрерывный или ждущий) определяется положением переключателя $П_{6а}$, которым изменяется смещение на базе транзистора T_{29}.

Кремниевые диоды $Д_{31}$, $Д_{32}$ и $Д_{44}$ фиксируют амплитуду пилообразного напряжения генерируемого фантастроном на уровне при-

Рис. 18. Принципиальная электрическая схема осциллографа (верх).

мерно 1 *в*. С помощью диодов $Д_{33}$ — $Д_{35}$ постоянная составляющая пилообразного напряжения изменяется до уровня 3,5 *в*, что необходимо для непосредственной подачи его на базу входного транзистора усилителя горизонтального отклонения.

Усилитель горизонтального отклонения выполнен на транзисторах T_{35} — T_{43} и предназначен для подачи на горизонтально отклоняющие пластины электроннолучевой трубки, либо пилообразного напряжения от внутреннего фантастронного генератора, либо сигналов от внешних источников. Внешние сигналы ослабляются до требуемой величины широкополосным ступенчатым аттенюатором, собранном на резисторах R_{114}, R_{116} — R_{118} и конденсаторах C_{71} — C_{74} по той же схеме, что и аттенюатор усилителя вертикального отклонения, и имеет такие же ступени ослабления. Управляют им двухкнопоч-



Ослабление раз	А (100)	Б (10)
1000		
100		
10		
1		

Схема работы аттенюаторов X и Y

Рис. 18. Принципиальная электрическая схема осциллографа (низ).

ным переключателем $П_2$. Входное сопротивление аттенюатора на низких частотах около 300 *ком*. Входная емкость менее 15 *пф* (на частоте 500 *кгц*).

С аттенюатора внешние сигналы через конденсатор C_{75} поступают на переключатель $П_{7а}$. Сюда же подается и пилообразное напряжение с выхода фантастронного генератора (R_{89}).

При работе от внешних источников сигнала внутренний генератор пилы не работает. Для этого переключателем $П_{7б}$ с генератора снимается питание (—8 *в*). С переключателя $П_{7а}$ сигналы подаются на базу транзистора T_{35} (П414А), на котором собран входной эмиттерный повторитель. Для увеличения его входного сопротивления применен метод компенсации тока утечки сигнала путем подачи напряжения с его эмиттера через конденсатор C_{68} в точку соединения резисторов R_{106}, R_{107} и R_{108}. Благодаря этому входное сопротивление каскада на низких частотах более 300 *ком*. Нагрузкой транзистора T_{35} служит потенциометр R_{105}. Им регулируют величину сигнала, подаваемого на вход предварительного усилителя на транзисторах T_{36}—T_{38}, выполненного по каскодной схеме на транзисторах T_{37} (П414А) и T_{38} (П501А). Схема аналогична предварительному усилителю вертикального канала.

Верхняя граничная частота этого усилителя не требуется очень высокой, и надобность в корректирующем дросселе отпадает. В то же время большие длительности разверток требуют расширения полосы в сторону низких частот, для чего необходимо создание больших постоянных времени переходных цепочек. Применение больших емкостей в малогабаритных приборах весьма затруднительно. Следовательно, необходимо получение возможно больших входных сопротивлений каскадов при использовании максимально возможных по конструктивным соображениям емкостей. Для этой цели на входе предварительного усилителя поставлен эмиттерный повторитель на транзисторе T_{36} (П501А). Связь его с каскодной схемой непосредственная. Для увеличения входного сопротивления эмиттерного повторителя применена также схема компенсации через конденсатор C_{66} на среднюю точку делителя R_{103}, R_{104}. В каждом из поддиапазонов развертки соотношение длительностей прямого и обратного ходов не одинаково и к тому же оно сильно изменяется при перестройке. Причина этого в том, что длительность обратного хода в каждом поддиапазоне примерно постоянна, а прямого хода — сильно изменяется. Поэтому средний уровень напряжения, передаваемого через конденсатор C_{67}, также изменяется, что приводит к смещению рабочей точки транзистора T_{37} с линейного участка на краях поддиапазонов. Для устранения этого недостатка, во-первых, рабочую точку усилителя для каждого поддиапазона устанавливают самостоятельно подбором резисторов R_{109} — R_{112}, во-вторых, предусмотрена возможность ручной коррекции линейности развертки потенциометром R_{113}. Она бывает необходима на краях поддиапазонов (в основном на нижнем краю первого и верхнем — четвертого). Последовательно с потенциометром введены резисторы R_{132} — R_{135}, подбором которых устанавливают предел регулировки для каждого поддиапазона. Переключение резисторов R_{109} — R_{112} и R_{132} — R_{135} приводится переключателем $П_{3в}$ и $П_{3г}$ одновременно с изменением поддиапазонов. Остальная часть схемы усилителя горизонтального отклонения (фазоинвентор и выходной каскад) по построению аналогична усилителю вертикального отклонения. Отличие состоит в отсутствии высокочастотной коррекции в выходном каскаде.

Усилитель гасящего импульса. Засветка экрана трубки во время обратного хода развертки устраняется путем запирания ее по управляющему электроду на это время. Для этого используется прямоугольный положительный импульс, возникающий на коллекторе транзистора T_{27} фантастронного генератора при обратном ходе развертки. Снятый с части (R_{75}) коллекторной нагрузки этого транзистора, он подается на вход усилителя гасящего импульса, выполненного на транзисторе T_{25} (П501А). Для получения большей амплитуды транзистор включен между двумя источниками: —8 и +10 *в*. Усиленный импульс амплитудой около 18 *в* отрицательной полярности подается с коллектора транзистора T_{25} через конденсатор C_{58} на модулятор трубки.

Усилитель синхронизации предназначен для усиления и формирования синхронизирующих импульсов из напряжения исследуемого сигнала или от внешних источников, подаваемых на базу транзистора T_{27} фантастронного генератора. Выполнен он на транзисторах T_{20} — T_{24} и представляет собой широкополосный усилитель-ограничитель. На транзисторе T_{20} (П414Б) собран фазоинвентор исследуемого сигнала. База этого транзистора гальванически связана с выходом согласующего каскада усилителя вертикального отклонения. С нагрузок инвентора через переключатель $П_4$ (выбор полярности синхронизации) и переключатель $П_5$ (род синхронизации: внутренняя или внешняя) сигнал подается на вход эмиттерного повторителя. Он выполнен на транзисторе T_{21} (П414А). При синхронизации от внешнего источника сигнал подается на гнездо *ВС* и через конденсатор C_{92} и резистор R_{41} поступает на диоды $Д_{17}$ и $Д_{18}$ (Д220), а через переключатель $П_5$ — на вход эмиттерного повторителя на транзисторе T_{21}. Цепочка C_{92}, R_{41}, $Д_{17}$, $Д_{18}$ ограничивает входной сигнал на уровне прямого падения напряжения на диодах, т. е. до 0,5—1 *в*, предохраняя тем самым усилитель от перегрузки. Хотя максимальный средний ток через диоды Д220 50 *ма*, но при сопротивлении резистора R_{41} 1 *ком* с мощностью рассеивания 0,5 *вт* ограничение возможно только до амплитуды 30 *в*. Если при работе возможна подача напряжения большей амплитуды, то мощность резистора R_{41} (или же его сопротивление) следует увеличить.

С выхода эмиттерного повторителя сигнал подается на трехкаскадный усилитель на транзисторах T_{22}—T_{24} (П415А) и П503 (T_{23}). На выходе усилителя сигнал имеет прямоугольную форму с достаточно крутыми фронтами. Через переключатель $П_{6б}$ он поступает на потенциометр R_{57}, с которого необходимая величина сигнала подается на фантастрон. Для синхронизации развертки в непрерывном режиме не требуются импульсы с крутыми фронтами, поэтому они снимаются с коллектора транзистора T_{23}. Для запуска же ждущей развертки, наоборот, требуется большая крутизна фронтов импульсов и они снимаются с нагрузки следующего каскада — транзистора T_{24}. Переключение осуществляется одновременно с изменением режима работы развертки переключателем $П_6$.

Усилитель подсвета. Яркостные метки на экране осциллографа получаются путем подачи на катод электроннолучевой трубки импульсов подсвета. Подаются они от внешнего источника через усилитель. Он выполнен на транзисторах T_{44} — T_{46} и представляет собой, как и усилитель синхронизации, широкополосный усилитель-ограничитель. Сигнал подается на гнездо *Z* и через переключатель $П_8$, конденсатор C_{81} и резистор R_{129} поступает на диоды $Д_{36}$ и $Д_{37}$ (Д220). Функции этой цепочки те же, что и в усилителе синхронизации

(R_{41}, $Д_{17}$ и $Д_{18}$). С диодов сигнал через конденсатор C_{80} проходит на базу транзистора T_{46} (П414Б), служащего входным эмиттерным повторителем. Затем сигнал усиливается транзистором T_{45} (П416Б) и подается на базу транзистора T_{44} (П416). На этом транзисторе собран выходной эмиттерный повторитель. Он необходим на выходе усилителя, так как катод трубки имеет достаточно большую емкость и непосредственное его подключение к коллекторной нагрузке транзистора T_{45} приведет к сильному завалу частотной характеристики усилителя. Для получения достаточной амплитуды сигналов транзисторы T_{44} и T_{45} питаются от двух источников: —8 и +10 *в*.

Вспомогательные устройства. Для работы, запуска или синхронизации внешних схем и устройств, работающих совместно с осциллографом, а также для калибровки его усилителей предусмотрено несколько специальных каскадов.

Выход импульсов обратного хода развертки подается через эмиттерные повторители на транзисторах T_{26} и T_{28}. С эмиттерного повторителя на транзисторе T_{26} (ГТ109) на выход подается импульс отрицательной полярности, который снимается с выхода усилителя гасящего импульса (T_{25}). Импульс положительной полярности поступает на выход с эмиттерного повторителя на транзисторе T_{28} (П11). Его база соединена непосредственно с коллектором транзистора T_{27} фантастронного генератора.

Пилообразное напряжение обеих полярностей поступает на выход с нагрузок фазоинверторного каскада, собранного на транзисторах T_{33} и T_{34} (ГТ109). Транзистор фазоинвертора — составной, что уменьшает его влияние на выходное напряжение фантастрона. Пилообразное напряжение на этот каскад снимается с диодной цепочки $Д_{31}$ — $Д_{35}$.

Калиброванные по амплитуде импульсы формируются из напряжения, снимаемого со специальной обмотки трансформатора $Тр_1$ преобразователя питания схемы. Оно ограничивается стабилитроном $Д_{41}$ (Д810) на уровне напряжения его стабилизации [Л. 14], которое подбирают равным 10 *в* ±1%. На делителе R_{36}, R_{37} и R_{38} оно делится до 1 и 0,1 *в*. Сопротивления резисторов делителя подбирают с точностью ±1%. Все три напряжения подаются на выходные гнезда.

Блоки питания транзисторов и трубки. Для питания транзисторов схемы и электродов электроннолучевой трубки осциллографа необходимо иметь ряд различных напряжений: —8 и +10 *в* для питания усилителей; +70 и +140 *в* для выходных каскадов; 0 ÷ —100 *в*, —100 и —100 ÷ —200 *в* — питание первого анода, катода и модулятора трубки; +400 ÷ +600 и +500 *в* — питание пластин и второго анода трубки.

Все эти напряжения вырабатываются двумя раздельными блоками, имеющими самостоятельные электронные преобразователи: один, маломощный — для питания электродов трубки, другой, более мощный — для питания остальной части схемы. Это позволило упростить конструкцию трансформаторов преобразователей, что значительно облегчает их изготовление.

Блок питания транзисторов состоит из электронного преобразователя, трех выпрямителей и двух электронных стабилизаторов напряжения. Электронный преобразователь выполнен на трансформаторах $Тр_1$, $Тр_2$ и транзисторах T_{14}, T_{17} (П605) по двухтактной двухтрансформаторной схеме [Л. 4]. Преимущество этой схемы заключается в высокой частоте преобразования, определяемой данными коммутирующего трансформатора $Тр_2$, легком возбуждении при полной нагрузке и высоком к. п. д. благодаря отсутствию потерь на насыщение в сердечнике трансформатора $Тр_1$, работающего при достаточно низкой индукции. Частота, на которой работает преобразователь, около 8 *кгц*, что позволяет использовать в фильтрах выпрямителей малые емкости, а также значительно уменьшить габариты трансформатора $Тр_1$. Отрицательным напряжением схема питается через выпрямитель, собранный на диодах $Д_3$, $Д_4$, подключенных к концам первичной обмотки трансформатора $Тр_1$, которая в этом случае выполняет функцию повышающего автотрансформатора. Полученное напряжение, равное примерно удвоенному напряжению батареи, поступает на электронный стабилизатор, собранный на транзисторах T_{11} (П16Б) и T_{12} (ГТ108) и стабилитроне $Д_2$ (Д808). Стабилизированное напряжение (—8 *в*) через развязывающие фильтры на дросселях $Др_4$, $Др_9$, $Др_{12}$ и $Др_{15}$ и конденсаторах C_{11}, C_{24}, C_{63} и C_{91} подается для питания узлов схемы. Выпрямитель для питающего напряжения (+10 *в*) собран по мостовой схеме на диодах $Д_5$ — $Д_8$ (Д9Д). Напряжение на него поступает с обмотки *II* трансформатора $Тр_1$.

Выпрямленное напряжение стабилизируется электронным стабилизатором на транзисторе T_{13} (П9) и стабилитроне $Д_9$ (Д810). Развязывающими фильтрами в этой цепи служат цепочки $Др_{10}$, C_{56} и $Др_{16}$, C_{19}. Напряжения +70 и +140 *в* для питания выходных каскадов усилителей вертикального и горизонтального отклонений снимаются с мостового выпрямителя на два напряжения на диодах $Д_{10}$ — $Д_{13}$ (Д223А). Питается он от обмотки *III* трансформатора $Тр_1$. Выпрямленные напряжения сглаживаются фильтрами C_{29}, R_{33}, C_{31} и C_{30}, R_{34}, C_{32} и подаются на транзисторы выходных каскадов.

Блок питания электродов трубки состоит из преобразователя [Л. 5], выполненного на транзисторах T_{18}, T_{19} (П16Б), трансформаторе $Тр_3$, и трех выпрямителей, собранных по схеме удвоения на диодах $Д_{19}$ — $Д_{30}$ (Д223Б) и конденсаторах C_{89} — C_{44}. Каждый из выпрямителей питается от самостоятельной повышающей обмотки трансформатора $Тр_3$: выпрямитель *а* ($Д_{19}$ — $Д_{22}$ и C_{39}, C_{40}) от обмотки *II*, выпрямитель *б* ($Д_{23}$ — $Д_{26}$ и C_{41}, C_{42}) от обмотки *III* и выпрямитель *в* ($Д_{27}$—$Д_{30}$ и C_{43}, C_{44}) от обмотки *IV*. Выпрямители дают следующие напряжения: *а* и *в* — каждый по 200 *в*, *б* — от 300 до 500 *в* (в зависимости от подключенного к выпрямителю отвода обмотки *III*). Все три выпрямителя соединены последовательно, что дает возможность получить на выходе напряжение от 700 до 900 *в*. При такой схеме выпрямителя отпадает необходимость в энергоемком общем делителе напряжения для питания электродов электроннолучевой трубки. Они питаются от соответствующих участков выпрямителя, и мощность, затрачиваемая на это, незначительна. Высокая частота преобразования (около 8 *кгц*) и малая нагрузка током позволяют использовать в выпрямителях конденсаторы небольшой емкости с малыми (160 и 250 *в*) рабочими напряжениями.

Конструкция

Детали. Типы всех примененных в осциллографе транзисторов и диодов были даны в тексте при описании схемы. Транзистрры П9, П11, П16, П501, П503 можно заменить соответственно на МП35—МП38, МП42, П504—П505 или КТ312.

Транзисторы T_{14} и T_{17} должны иметь граничную частоту около 1 *Мгц*. Тогда за счет малых потерь на фронтах импульсов [Л. 4]

при частоте преобразования около 8 *кгц* мощность, рассеиваемая транзистором, будет примерно 300 *мвт*. В то же время транзистор должен обеспечивать начальный импульс тока не менее 1 *а*. Применение транзисторов с меньшей граничной частотой требует снижения и частоты повторения, а это влечет за собой увеличение габаритов трансформатора $Тр_1$ и емкостей фильтров, что при выбранных габаритах приборов неприемлемо.

Попытка параллельного соединения маломощных транзисторов (П16А по два в плече) удовлетворительных результатов не дала: при быстром повторном включении, когда они еще не успевали остыть (перегрев корпуса составлял 10—15 °С), их иногда пробивало. Увеличение же числа их также невозможно по указанным причинам Поэтому выбор был остановлен на транзисторах П605. Однако для установки их в прибор габариты корпуса необходимо значительно уменьшить. Как это сделать, описано в конце данного раздела Многолетняя эксплуатация переделанных приводимым способом транзисторов подтверждает приемлемость такого пути.

Осциллограф собран в основном на малогабаритных деталях. Почти все постоянные резисторы — типа ВС-0,125 групп *а* и *б*, но можно установить и резисторы УЛМ-0,12 и МЛТ-0,125. В отдельных цепях, где требуется большая мощность или возможно превышение допустимого напряжения, например R_1 во входном аттенюаторе, установлены резисторы МЛТ-0,25 (R_{39}, R_{40}, R_{59} — R_{61}, R_{90} и R_{93} — R_{95}) и МЛТ-0,5 (R_1, R_{25}, R_{26}, R_{41}, R_{114} и R_{129}). Переменные резисторы использованы дисковые (ТР170 «Тесла»), но могут быть применены и отечественные (СПД-0,05 и СПД-0,06) или самодельные (см. ниже).

Электролитические конденсаторы применены типа К50-6. Используются в основном конденсаторы, имеющие высоту корпуса 13 и 15 *мм*. Исключение составляют конденсаторы 100 *мкф* × 15 *в*, из которых набирают емкость C_{10} и высоковольтные: C_{29} — C_{32} и C_{33}. Конденсатор C_{45} фирмы «Тесла» 2 *мкф* × 12 *в*, вместо него можно использовать конденсаторы ЭМ или К50-3, но они имеют несколько большие размеры. Конденсаторы емкостью до 0,1 *мкф* применены керамические (КМ, КЛС и др). Входные конденсаторы усилителей синхронизации и подсвета (C_{31} и C_{92}), имеющие емкость 0,1 *мкф*, также типа КМ, в случае их отсутствия можно взять конденсаторы меньшей емкости, например КЛС 0,033 *мкф*, но полоса этих усилителей со стороны низких частот несколько сузится.

Конденсаторы C_5, C_{20}, C_{21}, C_{37}, C_{58}, C_{59}, C_{75} и C_{39}—C_{44} металлобумажные, типа МБМ. Из них конденсаторы с индексами 5, 20, 21, 37, 41, 42, 49 и 75 имеют переделанный корпус.

Дроссели $Др_1$, $Др_2$ и $Др_5$ — $Др_3$ — готовые, типа Д-1,2, индуктивностью 5 *мкгн*, причем дроссели $Др_5$ и $Др_8$ собраны каждый из двух таких дросселей, соединенных последовательно. Данные всех остальных моточных деталей приведены в табл. 1.

Для уменьшения индуктивности рассеяния трансформаторов преобразователей обе половины коллекторных и базовых обмоток каждого из них наматывают одновременно в два провода [Л. 4]. Обмотки изолируют друг от друга лентой из лакоткани. В трансформаторе $Тр_1$ для этого достаточно одного слоя, а в трансформаторе $Тр_3$ первичную обмотку изолируют двумя слоями ленты. Вторичные обмотки этого трансформатора наматывают по секциям. Для этого трансформатор разделяют на четыре примерно равные части. Выводы первичной обмотки должны приходиться на границы этих частей, как показано на рис. 19, *г*.

Таблица 1

Обозначение на схеме	Обмотка	Количество витков	Индуктивность, *мкгн*	Провод, марка, диаметр, *мм*	Размеры каркаса и сердечника, *мм*
$Др_3$ $Др_4$	— —	65 240	15 300	ПЭВ-1 0,08 ПЭЛШО 0,1	$D = 5$, $L = 10$, $l = 5$, сердечник карб. железо от СБ-1
$Др_4$, $Др_9$, $Др_{10}$ $Др_{12}$—$Др_{16}$	—	25	—	ПЭВ-2 0,35	Ферритовое кольцо $D = 8$, $d = 4$, $h = 2$, $\mu = 600$
$Тр_1$	*I* *II* *III* *IV*	47+47 150 650+650 150	— — — —	ПЭВ-2 0,35 ПЭВ-2 0,12 ПЭВ-2 0,12 ПЭВ-2 0,12	Ферритовое кольцо $D = 20$, $d = 10$, $h = 5$, $\mu = 1\,000$
$Тр_2$	*I* *II*	100+100 40+40	— —	ПЭВ-2 0,12 ПЭВ-2 0,12	Ферритовое кольцо $D = 10$, $d = 6$, $h = 2{,}5$, $\mu = 1\,000$
$Тр_3$	*I* *II* *III* *IV*	45+15+15+45 1 000 1 500+500+500 1 000	— — — —	ПЭВ-2 0,12 ПЭВ-2 0,05 ПЭВ-1 0,05 ПЭВ-1 0,05	Ферритовое кольцо $D = 23$, $d = 16$, $h = 4$ $\mu = 1000$ или два кольца $D = 20$, $d = 16$, $h = 3$, $\mu = 1\,000$

На нем также показаны конструкции каркасов дросселей $Др_3$ и $Др_{11}$, крепление дросселей $Др_{14}$ и др. Для удобства монтажа выводы трансформаторов помещают в отрезки трубки разных цветов (кусочки изоляции тонких проводов). Трубки служат изоляцией, а их разные цвета — маркировкой выводов. Трубка должна быть прочно закреплена на трансформаторе. Для этого на одном из ее концов де-

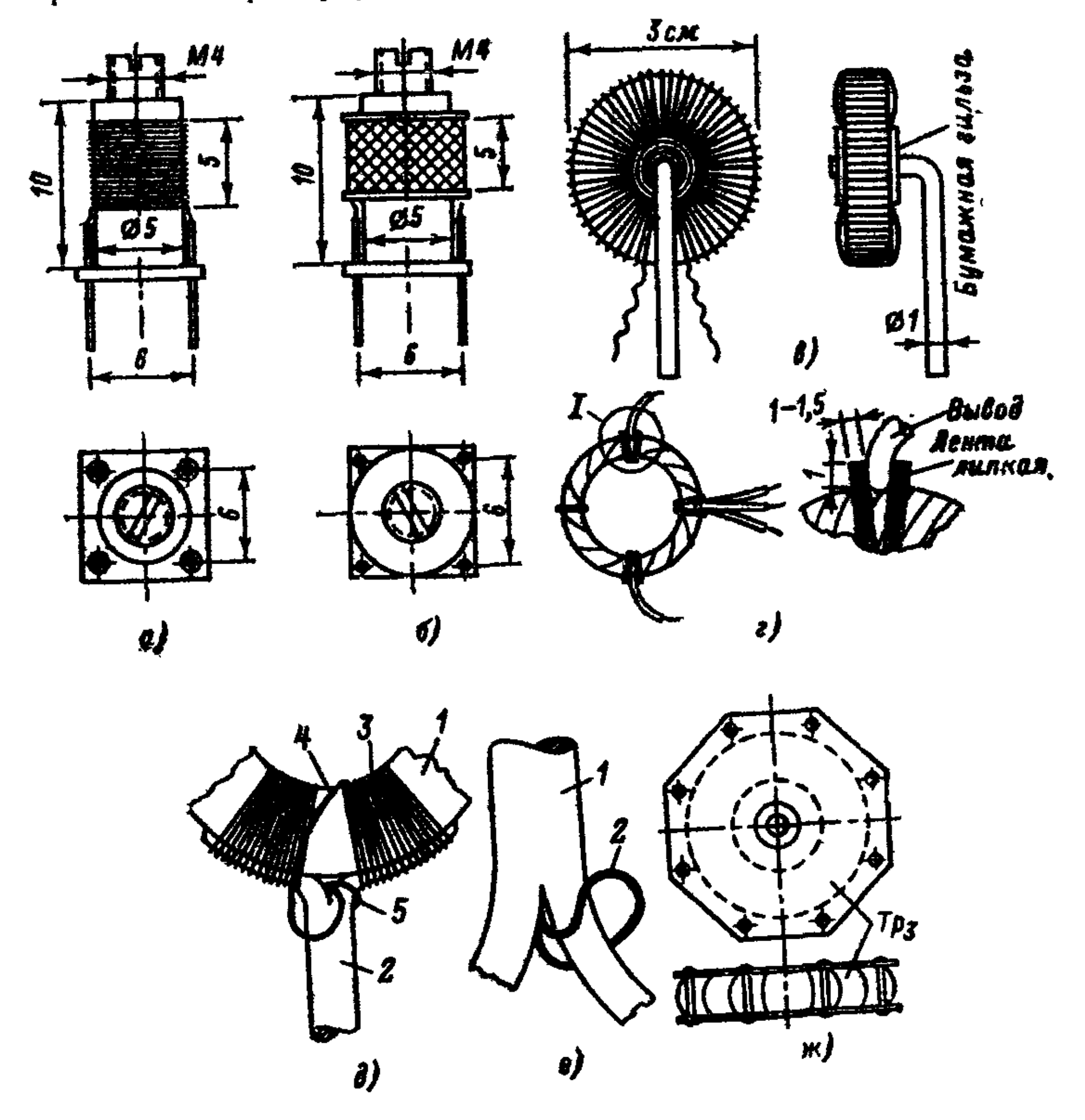


Рис. 19. Моточные детали.

а — дроссель $Др_3$; *б* — дроссель $Др_{11}$; *в* — дроссель $Др_4$ и др ; *г* — трансформатор $Тр_3$; *д* — крепление трубки: *1* — кольцо трансформатора; *2*—трубка; *3* — нитки; *4* — вывод, *5* — дополнительный провод; *е* — крепление дополнительных проводов (*2*) к трубке (*1*); *ж*—короткозамкнутый корпус для $Тр_3$.

лают разрез длиной 5—6 *мм*. Разрезанные концы трубки укладывают вдоль наружной окружности трансформатора и закрепляют несколькими витками тонких шелковых ниток (рис. 19, *д*), а затем приматывают лентой лакоткани.

Концы тонких обмоток можно выводить наружу непосредственно самим проводом (без напайки более толстого), так как сама пайка и ее изоляция сильно увеличивают толщину обмоток. Для большей прочности его скручивают с проводами того же диаметра. Их число выбирают в зависимости от сечения провода, оно колеблет-

ся от двух до восьми. Скручиваемые с основным проводом концы закрепляют за изоляционную трубку выводов, как это показано на рис 19, *е*. Перед скручиванием трубка с пропущенными через нее концами должна быть закреплена на трансформаторе, а провод вывода — иметь некоторую слабину (рис. 19, *д*). Наружные концы проводов после выравнивания закрепляют на проволочном крючке и вращением его между пальцами скручивают. Скрутка должна быть равномерной по всей длине и иметь среднюю плотность, при этом слабина провода вывода у трансформатора должна остаться достаточной.

Готовый и проверенный в работе на развернутой схеме преобразователя трансформатор $Тр_3$ помещают в короткозамкнутый (для полей рассеивания) латунный корпус. Как показано на рис. 19, *ж*, он состоит из двух плоских крышек из латуни или меди толщиной 0,3—0,5 *мм*. Они соединены между собой стойками из медной проволоки диаметром 0,8—1 *мм*. На них надевают изоляционные втулки Располагают стойки в каждом из восьми углов крышек и закрепляют пайкой. В центре крышек проделаны отверстия: в одной диаметром 2,2 *мм* (для винта М2), в другой — 5 *мм* (для его установки) При креплении трансформатора центральный винт ни в коем случае не должен замыкать обе крышки.

Переделка корпусов конденсаторов заключается в снятии имеющегося и изготовлении нового. Наиболее легко снимаются завальцованные корпуса конденсаторов МБМ. Для этого вдоль внутреннего края завальцовки на расстоянии от него 0,5—1 *мм* делают пропил, как показано на рис. 20, *а*. Пропил делают лобзиком с мелкозубой пилкой. Необходимо следить, чтобы пилка сильно не углублялась. Когда кольцевой пропил на всю толщину корпуса сделан, вывод конденсатора со стороны пропила зажимают плоскогубцами в 3—5 *мм* от него и отпиленную часть сдвигают к ним. Постепенно отодвигая плоскогубцы, отпиленную часть снимают с вывода. Ни в коем случае нельзя тянуть за противоположный вывод, так как один из них может оторваться и конденсатор будет испорчен. Концом ножа или скальпеля срезают заусенцы с внутренней стороны корпуса, скальпель держат острием наружу (рис. 20, *б*). Когда заусенцы сняты и стружка вытряхнута, повторяют операцию со съемом корпуса, зажимая плоскогубцами другой вывод (противоположный пропилу). С вынутого конденсатора осторожно удаляют обертку (изоляцию от корпуса). На этом первый этап переделки заканчивается.

Новый корпус конденсатора изготовляют из двух слоев кабельной или другой плотной бумаги толщиной около 0,1 *мм* Для этого отрезают полоску шириной на 1—2 *мм* больше длины цилиндрика конденсатора (по 0,5—1 *мм* на каждую сторону). Ее плотно обворачивают вокруг конденсатора и весь второй виток проклеивают цапон-лаком. Высушивание корпуса продолжается около суток. После этого выводы конденсатора заливают эпоксидной смолой на всю глубину бортика корпуса (рис. 20, *в*). На корпусе пишут данные конденсатора, а затем покрывают его несколькими слоями нитролака. Покрытие следующим слоем делают только после полного высыхания предыдущего. Эту операцию удобнее всего производить в неглубокой ваночке (подходящего размера крышке от какой-либо коробки), в которую налито немного лака, а конденсатор опирается на ее края своими выводами (рис. 20, *г*)

Так переделывают корпуса конденсаторов C_{20}, C_{21}, C_{37} и C_{59}, имеющих емкость по 0,1 *мкф* и рабочее напряжение 500 *в*, и C_{41}, C_{42}

емкостью 0,05 *мкф* и напряжением 250 *в*. После такой переделки их объем уменьшается более чем в 2 раза.

Конденсаторы C_5 и C_{75} емкостью по 0,2 *мкф* изготовляют из конденсаторов МБМ 0,1 *мкф* × 160 *в*, которые имеют эпоксидную заливку корпуса. Эту заливку удаляют после того, как в ней делают четыре пропила с каждой стороны, как показано на рис. 20, *д*. Пропиливание делают вдоль вывода до корпуса. После удаления заливки

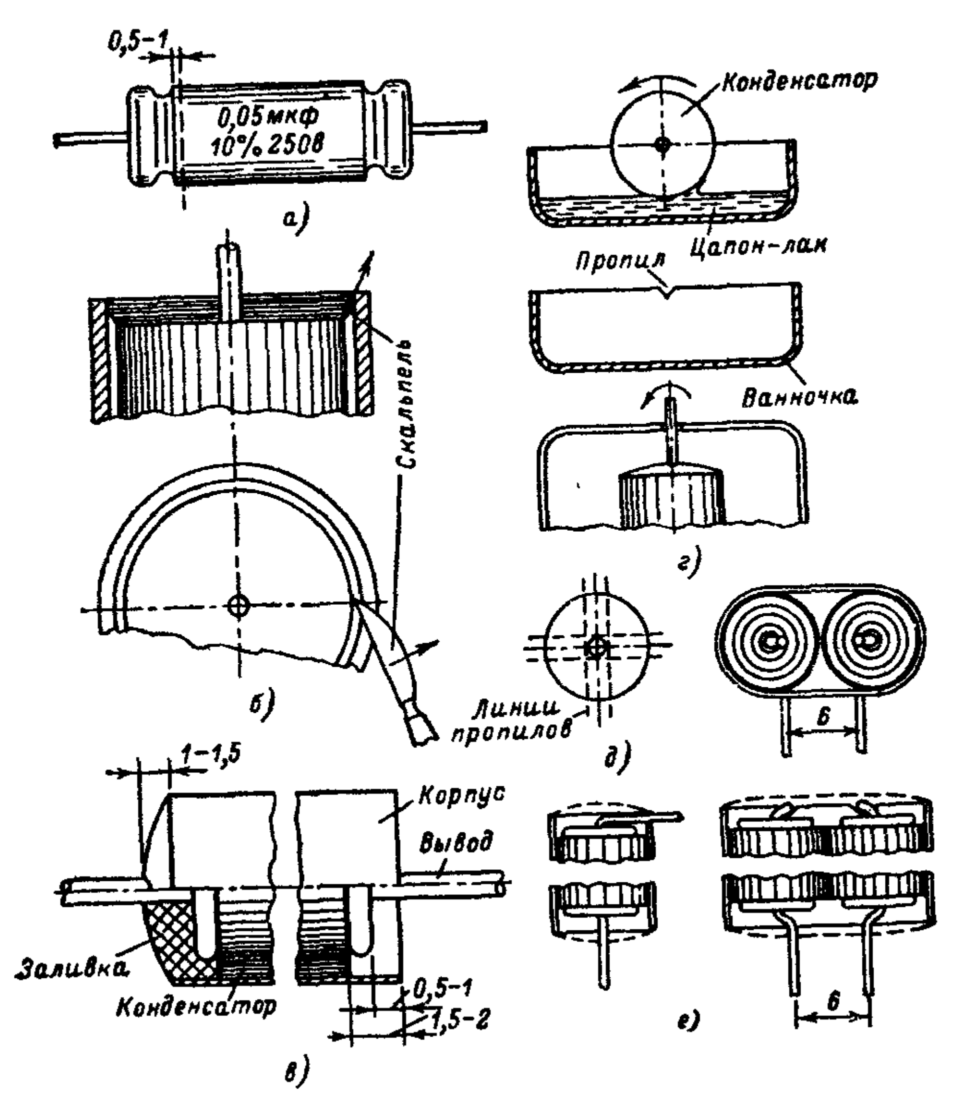


Рис. 20. Переделка корпусов конденсаторов.

а — пропил в корпусе завальцованного конденсатора; *б* — срезание заусенцев; *в* — новый корпус и заливка смолой; *г* — покрытие корпуса лаком; *д* — пропилы в эпоксидной заливке конденсаторов МБМ 0,1 *мкф* 160 *в*, *е* — корпус и формовка выводов двойного конденсатора C_{75}.

(поворотом лезвия ножа или скальпеля, вставленного в пропил) с одной стороны алюминиевого корпуса (не более 1 *мм* от края) делают кольцевой пропил, как было описано ранее, и корпус снимают. Остатки заливки на выводе осторожно раздавливают плоскогубцами и удаляют. Затем два цилиндрика конденсатора складывают вместе и обклеивают двумя слоями бумаги, как описывалось выше. Перед заливкой у конденсатора C_5 все четыре вывода отгибают в одну из широких сторон, а у конденсатора C_{75} — только два на одном конце. Отогнутые выводы должны проходить через сделанные в бумажной гильзе треугольные прорези. Расстояние между центрами параллельно идущих выводов с одного конца должно быть равно 6 *мм* (рис. 20, *е*). Вся дальнейшая работа с ними такая же, как описано выше.

Уменьшение габаритов транзисторов T_{14} и T_{17} (П605) также начинают со вскрытия их корпусов. Удалив гибкие выводы (если они имеются), транзистор зажимают в тиски и ножовкой делают радиальный надрез венчика его корпуса (рис. 21, *а*). Затем венчик около

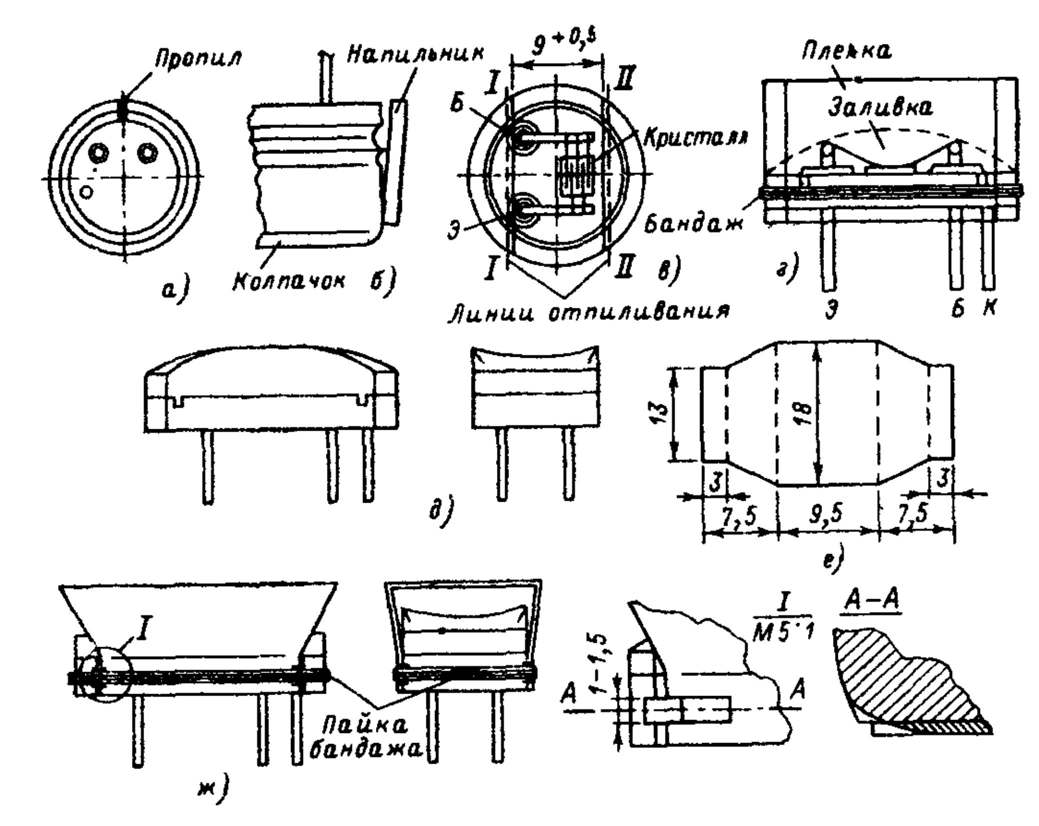


Рис. 21. Переделка транзистора П605.

а — надрез венчика; *б* — снятие остатков венчика; *в* — резка основания; *г* — подготовка транзистора к заливке; *д* — залитый транзистор; *е* — заготовка теплоотвода; *ж* — собранный транзистор (на выноске показан пропил для бандажа).

надреза зажимают пассатижами и надламывают покачиванием. Передвигая пассатижи вдоль венчика, его отламывают весь. Мелким напильником с наклоном в сторону колпачка (рис. 21, *б*) спиливают остатки венчика, пока колпачок не отделится от основания. Транзистор со снятым колпачком изображен на рис 21, *в*. Линиями *I* и *II* отмечены места отпиливания излишней части основания. Кристалл в этих транзисторах залит прозрачным герметиком, а в транзисторах более позднего выпуска смазан еще специальной смазкой. Эту смазку с кристалла до окончания механической работы удалять не следует, удалить ее нужно только с мест отпиливания.

Работа должна производиться острым инструментом с периодическими паузами для остывания транзистора. Сначала ведется обработка со стороны изоляторов (линия *I*). После отпиливания (не ближе 0,5 *мм* от окончательной линии корпуса) производят чистовое запиливание этой грани (по касательной к приливам изоляторов

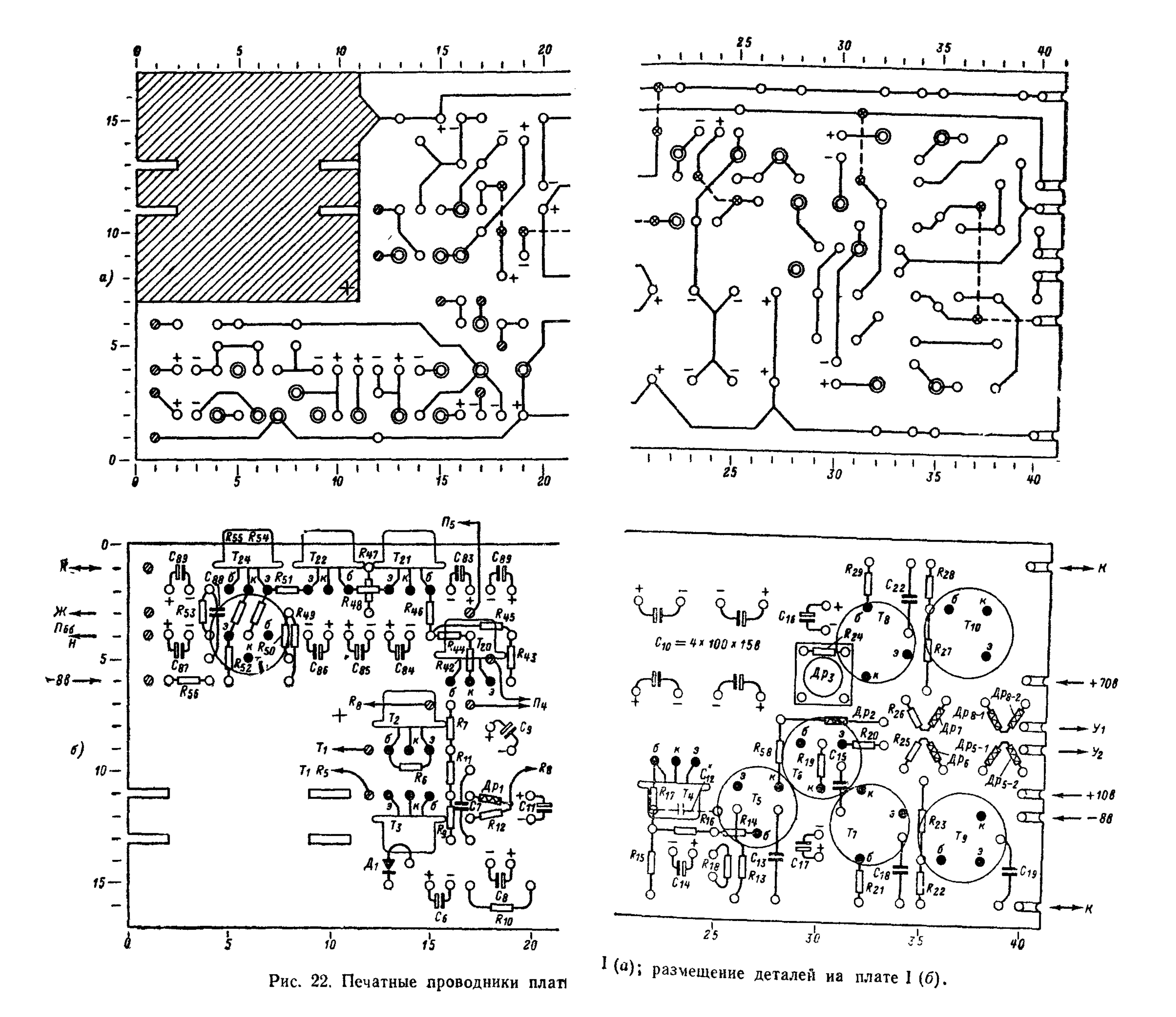
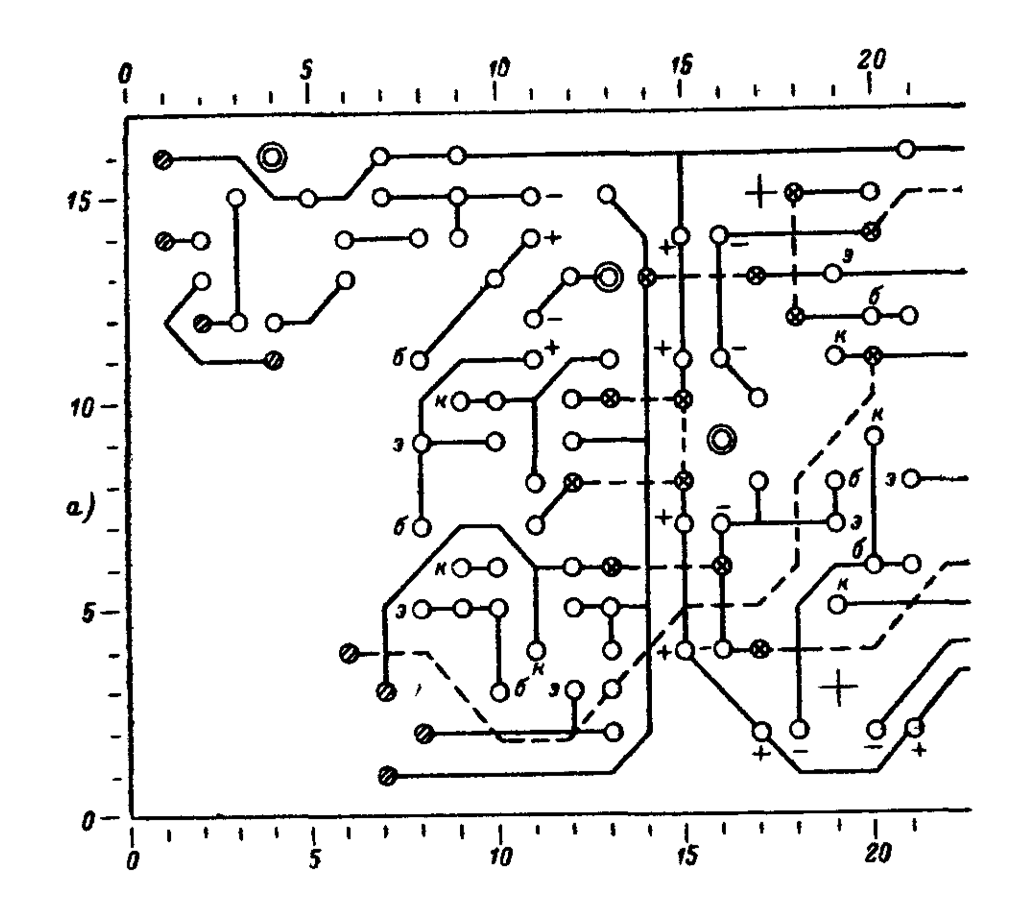
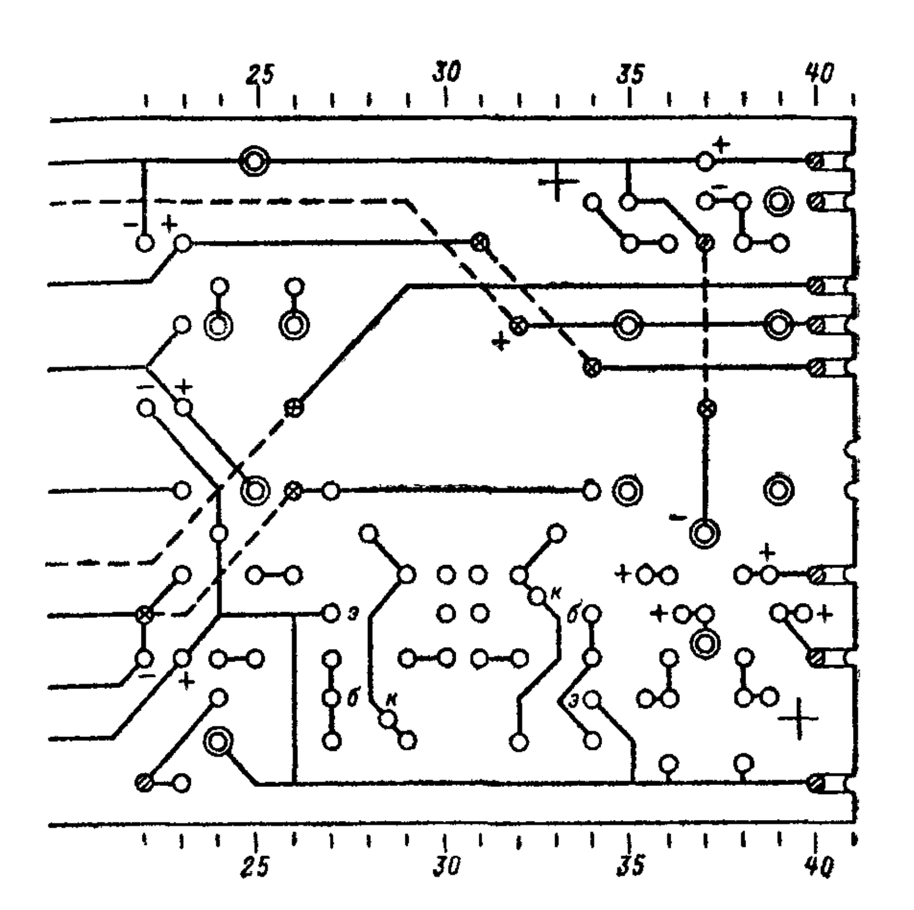
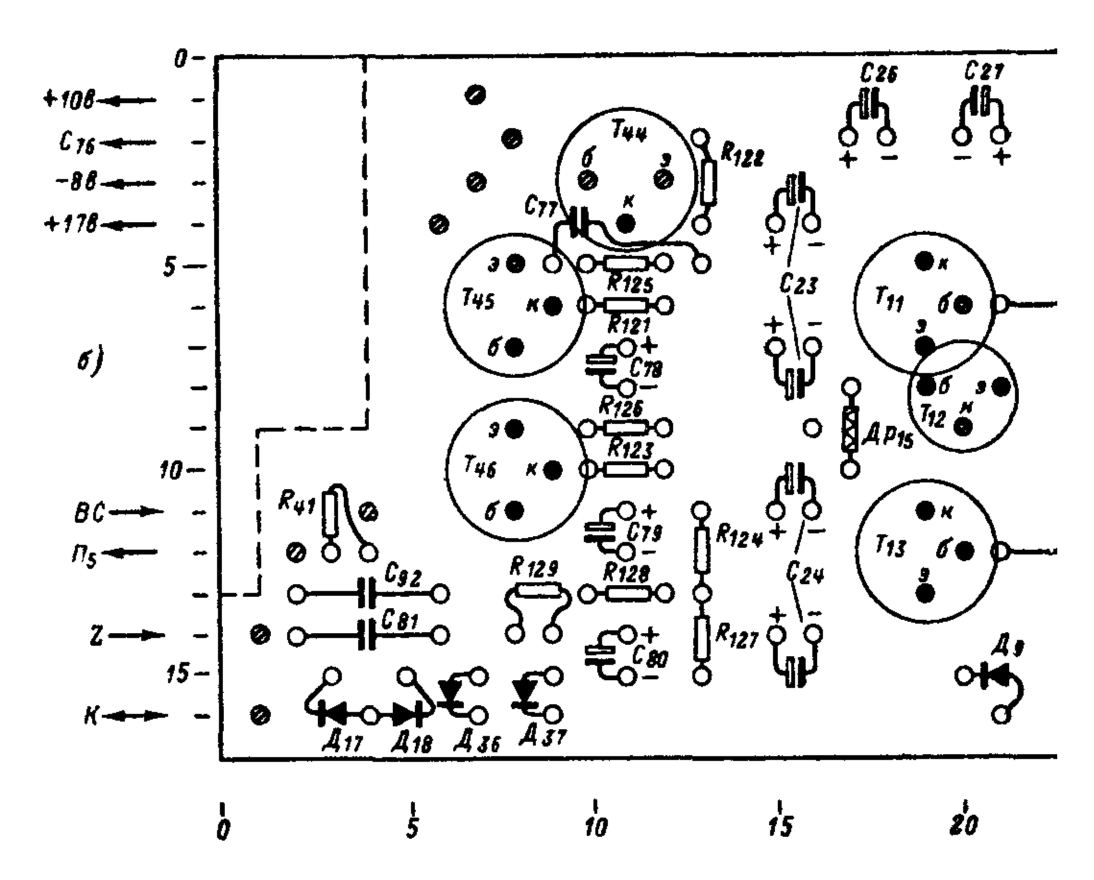


Рис. 22. Печатные проводники платы I (*а*); размещение деталей на плате I (*б*).







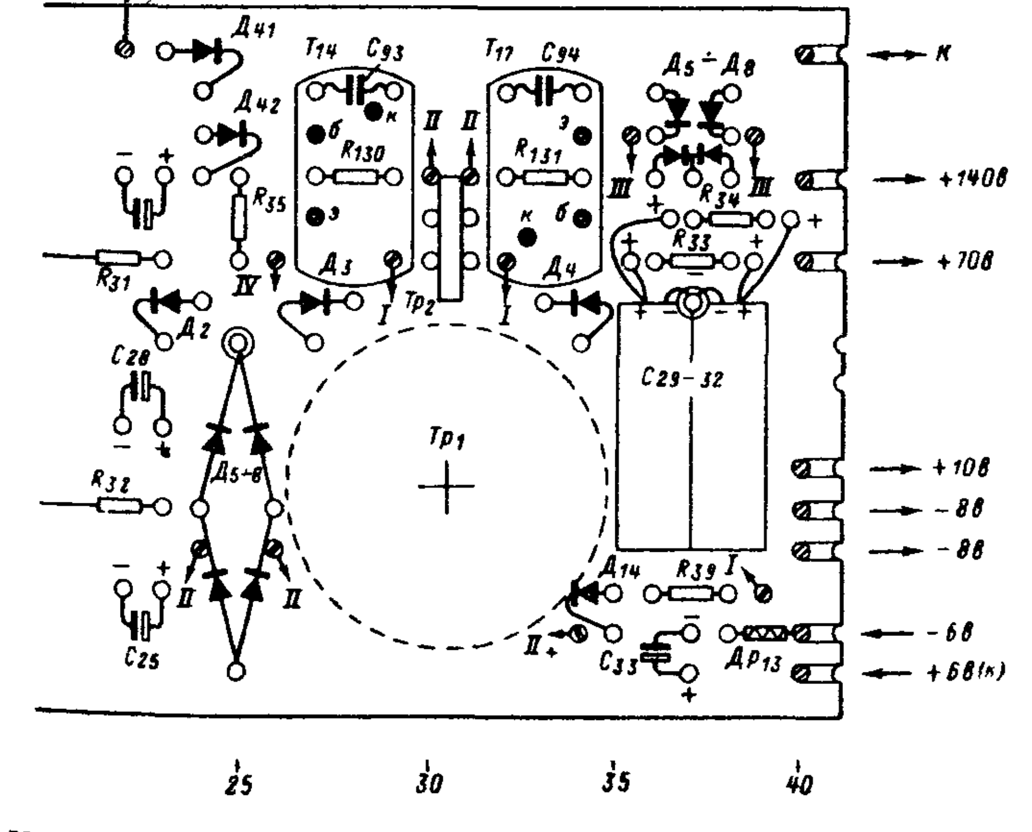


Рис 23. Печатные проводники платы II (*а*); размещение деталей на плате II (*б*).

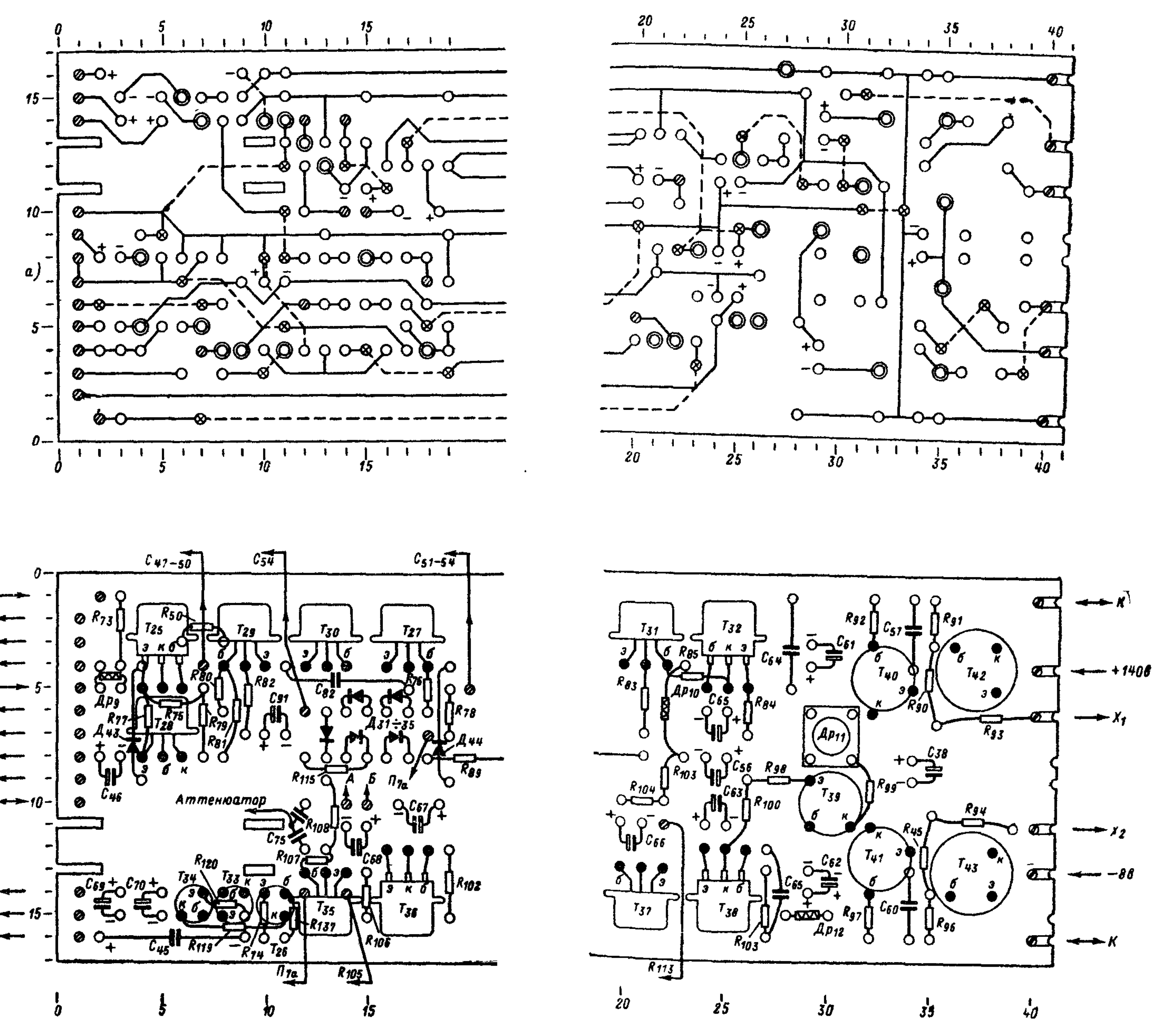
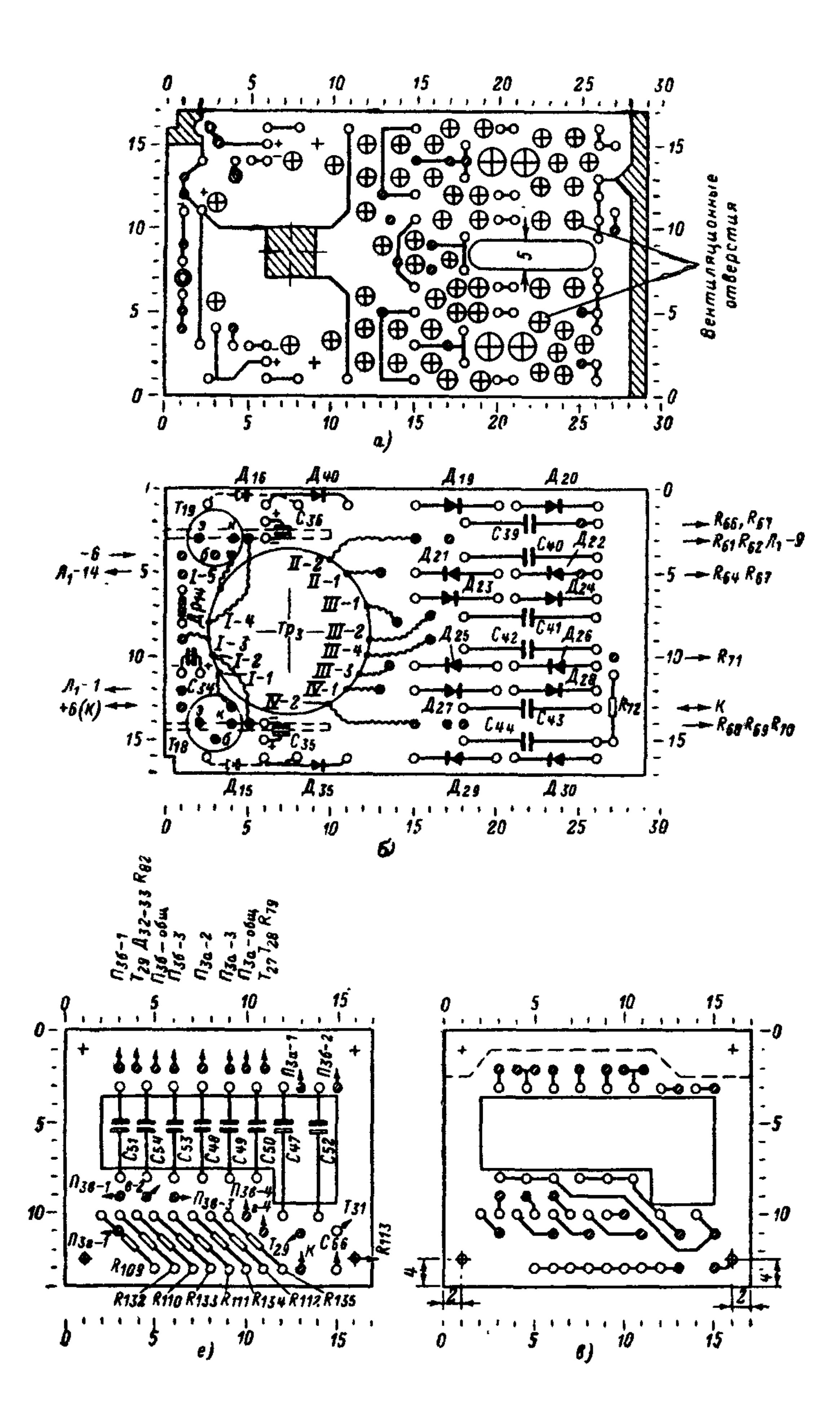


Рис 24. Печатные проводники платы III (*а*); размещение деталей на плате III (*б*); вывод *А* — на $П_{7а}$, вывод *Б* — на R_{105} (движок).



с внутренней стороны транзистора). После этого размечают вторую грань корпуса (его окончательная ширина 9+0,5 *мм*). Работать на этой стороне нужно очень внимательно, так как пропил проходит в нескольких миллиметрах от кристалла. При чистовом запиливании следует выдерживать параллельность граней не ниже 0,1 *мм* по длине транзистора, а также стремиться по мере возможности сделать их длину одинаковой. Если до кристалла остается около 0,5 *мм*, работа над этой стороной прекращается, а размер выдерживают спиливанием другой стороны. Последним опиливают остаток венчика, при этом возможно несколько скомпенсировать разницу в длине запиленных граней.

После этого с транзистора удаляют все опилки и остатки смазки. При этом надо стремиться не повредить прозрачный герметик. Во время этой работы следует пользоваться лупой не менее 6* увеличения. Удалять опилки нужно мягкой кисточкой или сухими маленькими ватными тампонами и жгутами.

После очистки вдоль запиленных граней с герметика снимают фаску, а в более дальних от кристалла местах его удаляют на 0,5—1 *мм* от края. Вокруг основания обворачивают ленту из прозрачной (не липкой) полиэтиленовой пленки шириной около 10 *мм*. Закрепляют ее несколькими витками тонкой проволоки, уложенными вдоль основания (рис. 21, *г*).

Заливают транзистор эпоксидной смолой малыми порциями. Концом остро заточенной спички или обрезком фотопленки смолу вводят в кольцевой паз на основании. Если первые порции смолы растекаются плохо, то основание транзистора следует подогреть до 40—50 °С. Когда получен равномерный слой толщиной около 1 *мм*, основание охлаждают и добавляют смолу в основном в центр до заливки выводов эмиттера и базы. После ее затвердевания пленку снимают и излишки смолы спиливают напильником. Транзистор при этом должен иметь форму, показанную на рис. 21, *д*.

Из мягкого алюминия толщиной 0,5—0,7 *мм* вырезают заготовку, форма которой показана на рис. 21, *е*. Из нее сгибают П-образный теплоотвод, который надевают на транзистор. Крепят его к основанию проволочным бандажом. Для его укладки на углах основания и теплоотвода делают продольные пропилы шириной 1—1,5 *мм* (рис. 21, *ж*). Для улучшения теплового контакта теплоотвода с основанием транзистора места их соприкосновения перед окончательной сборкой смазывают бескислотным вазелином. Проволоки бандажа скрепляют пайкой. Окончательно собранный транзистор показан на рис. 21, *ж*.

Монтаж. Весь осциллограф смонтирован на девяти платах.

П л а т а I. Усилитель вертикального отклонения и усилитель синхронизации. На ней также установлены переключатель $П_1$ и платы *А — Y* и *В*.

П л а т а *А—Y*. Схема входного аттенюатора усилителя вертикального отклонения ($R_1 — R_4$ и $C_1 — C_4$).

П л а т а *В*. Входной транзистор T_1 согласующего каскада, C_5 и R_5.

Рис. 25. Печатные проводники платы IV (*а*); размещение деталей на плате IV (*б*); печатные проводники платы VII (*в*); размещение деталей на плате VII (*г*). Верхние (по рисунку) концы резисторов R_{110} и R_{111} присоединяют: R_{110} к $П_{3г-2}$, R_{111} к $П_{3г-3}$.

П л а т а II. Усилитель подсвета, ограничитель внешнего сигнала усилителя синхронизации, блок питания схемы и ограничитель калибратора напряжения.

П л а т а III. Генератор развертки с усилителем гасящего импульса, усилитель горизонтального отклонения и вспомогательные устройства. На ней также установлен переключатель $П_2$ и плата $A-X$.

П л а т а $A-X$. Входной аттенюатор усилителя горизонтального отклонения (R_{114}, $R_{116}-R_{118}$ и $C_{71}-C_{74}$).

П л а т а IV. Блок питания электродов трубки. На ней также установлены платы V и VI.

П л а т ы V и VI. Элементы схемы питания трубки и переходные конденсаторы с выходов усилителей горизонтального и вертикального отклонения, а также гашения обратного хода и подсвета.

П л а т а VII. Конденсаторы поддиапазонов генератора развертки и резисторы регулировки смещения транзистора T_{36}.

Все платы выполнены печатным способом. Разводка печатных проводников и размещение деталей на них показаны на рис. 22—26. В местах плат с большими напряжениями для увеличения расстояния между контактными площадками они размещены «вполшага». Этот же способ применен в местах, где одновременная пайка деталей невозможна, а нормальному размещению контактных площадок препятствуют уже указанные обстоятельства. Например, на плате II в выпрямителе на 140 *в* так выполнены парные контактные площадки для диодов моста и выводов обмотки трансформатора $Тр_1$.

Смещенные на полшага контактные площадки вычерчивают после нанесения всех остальных по трафарету для односторонней печати. Для этого снимают прижимные винты и трафарет выставляют на требуемое смещение. При этом отверстия ориентируют по уже вычерченным площадкам. После установки трафарета в нужное положение его прижимают к неподвижному упору пальцами левой руки и наносят необходимые площадки. Те небольшие неточности, которые при этом могут получиться, большого значения не имеют, так как смещенные площадки используются только с одной стороны плат.

Для вычерчивания контактных площадок под выводы транзисторов П605, расстояния между которыми не укладываются в координатную сетку, целесообразно изготовить специальный трафарет, отверстия в котором вычерчены в соответствии с размерами, приводимыми для этого транзистора в справочнике. При пользовании таким трафаретом необходимо одну из площадок, например для вывода эмиттера, всегда располагать в узле координатной сетки, т. е. вычерчивать одновременно со всей остальной схемой, а две остальные — по изготовленному трафарету. При этом отверстие вывода эмиттера на нем должно совпадать с уже вычерченной площадкой.

При установке на плату этих транзисторов необходимо на их выводы надеть теплостойкие пластмассовые втулки — стойки длиной 3—3,5 *мм* (на выводы эмиттера и баз несколько длиннее — на глубину глазка) и наружным диаметром 2—2,5 *мм*. При пайке транзистора стойки должны быть плотно зажаты между его корпусом и платой. Такая установка этих транзисторов исключает возможность отрыва фольги при резких ударах, так как их масса, даже после переделки, значительно больше, чем у других деталей.

Провода межплатных соединений со стороны передней панели подпаивают к специальным штырькам, установленным со стороны

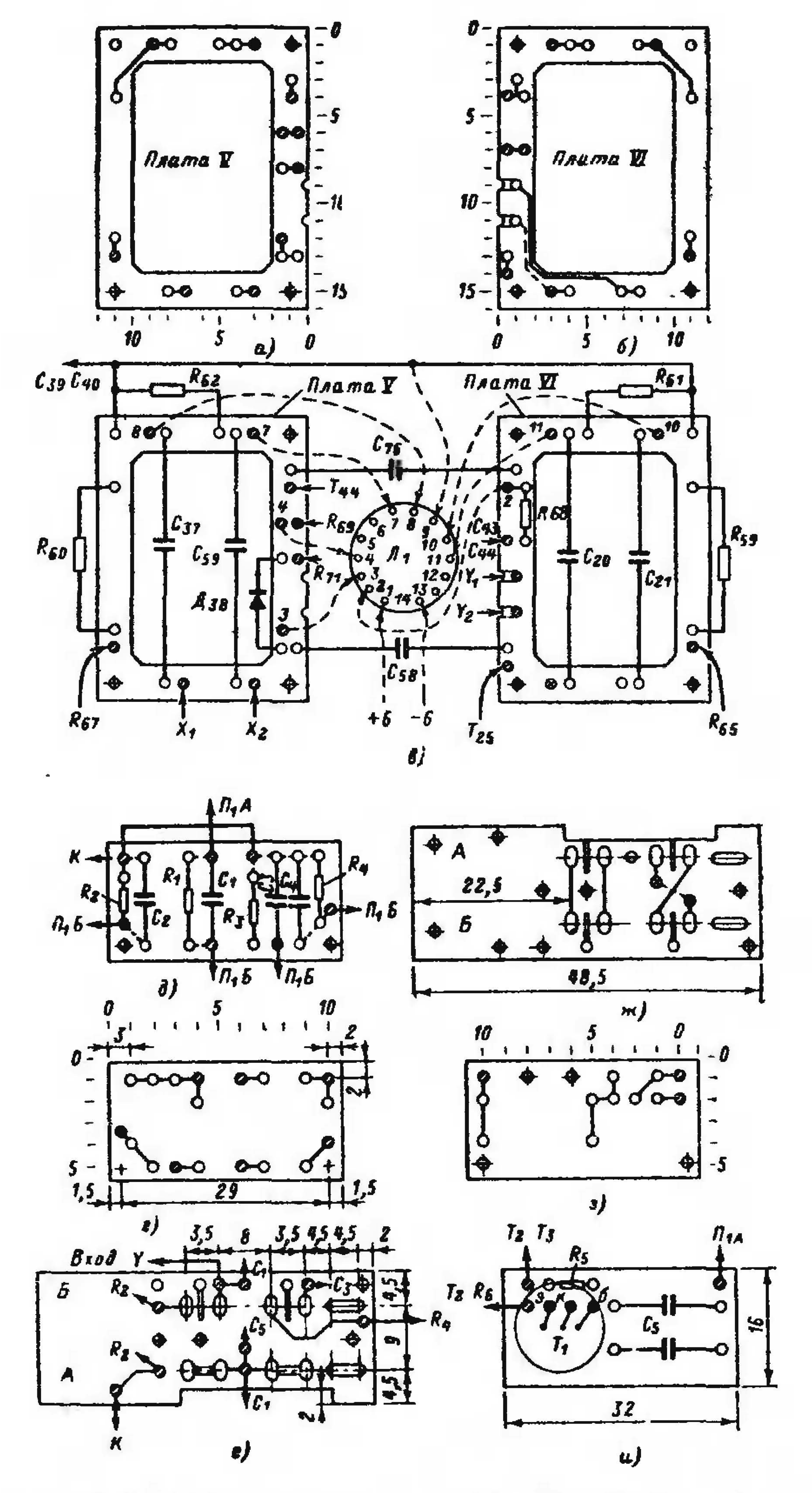


Рис. 26. Печатные проводники плат V и VI (*а*, *б*); размещение деталей на платах V и VI (*в*) и соединение с электродами трубки; печатные проводники и размещение деталей платы *А* (*г* и *д*); платы переключателей аттенюаторов (*е* и *ж*); печатные проводники и размещение деталей платы *В* (*з* и *и*). На платах V и VI шаг печати 2,5 *мм*.

расположения деталей. Штырек (рис. 27, *а*) устанавливают на плату и со стороны фольги слегка расклепывают, а затем пропаивают с контактной площадкой. После этого в нем трехгранным надфилем делают пропил на глубину 0,5—0,8 *мм* (рис. 27, *б*). Направление его обычно вдоль платы. Вместо штырьков можно использовать медные или латунные заклепки диаметром 1 *мм* со сферическими головка-

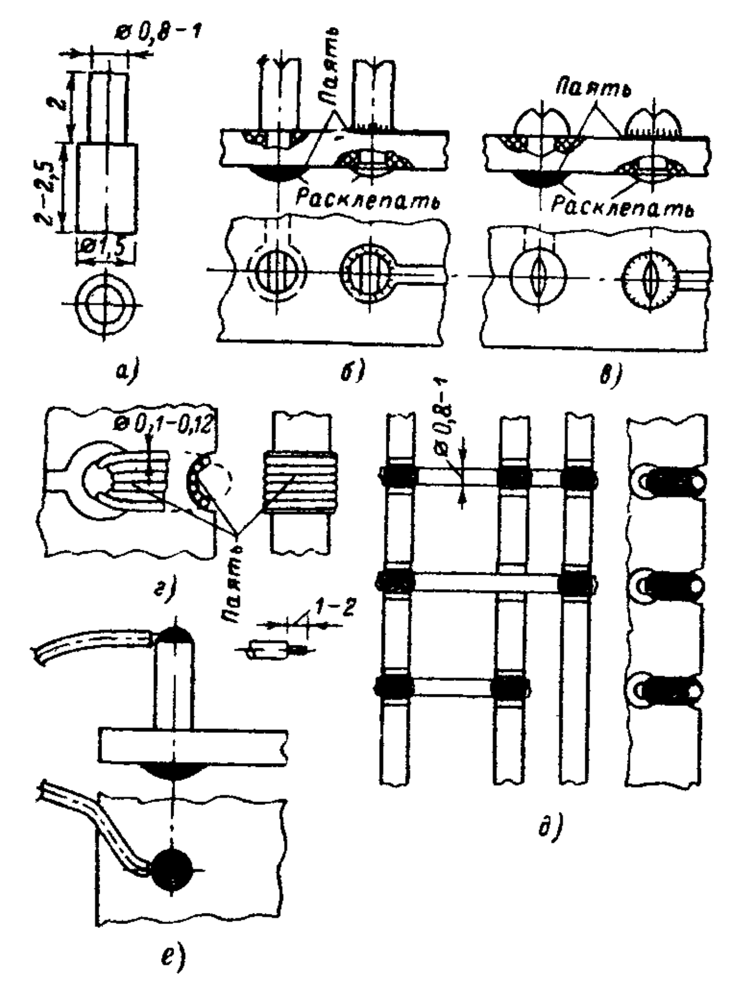


Рис. 27. Элементы пайки внешнего монтажа.

а — монтажный штырек; *б* — установка штырька на печатной плате; *в* — использование заклепки для подключения внешнего монтажа; *г* — устройство контакта для торцовой подпайки; *д* — установка жестких перемычек между платами с торцовыми контактами; *е* — пайка провода МГТФ к штырьку.

ми. После установки заклепки в них также делают неглубокий пропил (рис. 27, *в*). Соединения с тыльной стороны плат, где в основном разводится питание, делают жесткими перемычками. Их располагают параллельно и припаивают к контактам на торце плат. Контакт для торцевой подпайки (рис. 27, *г*) навивают из тонкой луженой проволоки (диаметр 0,1—0,12 *мм*) через отверстия в контактной площадке и полукруглый пропил в торце платы. Радиус пропила 1—1,2 *мм*. Края его заваливают. Отверстие в контактной площадке сверлят сверлом диаметром 1 *мм* или 1,1 *мм*. Навиваемые проводники укладывают в один слой. Ширина контакта 1,2—1,4 *мм*. После укладки провода и контактную площадку пропаивают, при этом нужно следить, чтобы проводники на торце платы были залужены.

Установка жестких перемычек между платами показана на рис. 27, *д*. Иногда вместо перемычек можно использовать элементы развязки: сопротивления и дроссели (R_{63} и $Др_4$, $Др_{16}$). Все остальные соединения в осциллографе выполнены проводом марки МГТФ. Его фторопластовая изоляция позволяет паять вплотную к ней, как показано на рис. 27, *е*. Лучше всего использовать провод сечением 0,07—0,1 *мм*², но возможно использование проводов больших сечений и других марок

Платы *А—Y*, *В* и *А—Х* устанавливают на переключателях $П_1$ и $П_2$, которые затем крепят на платах I и III. Для этого используют выступы на платах переключателей, входящие в пазы плат I и III. Для экранировки входного аттенюатора и первого транзистора согласующего каскада платы *А—Y* и *В* вместе с переключателем $П_1$ помещают в экран. Одной из его частей служит фольга платы со стороны пайки деталей (рис. 22, *а*). При изготовлении платы весь этот участок необходимо залить краской. Для этой цели через трафарет для точек перегиба отмечают его границы, которые затем прочерчивают сплошными линиями. Всю площадь экрана заливают асфальто-битумным лаком, который наносят кисточкой.

Преобразователь блока питания схемы вследствие неравномерности в намотке трансформатора или по другим причинам может давать магнитные наводки на усилители вертикального и горизонтального отклонений. Для их устранения с обеих сторон преобразователя на плате II устанавливают магнитные экраны. Их изготовляют из пластин пермаллоя или трансформаторной стали толщиной 0,3—0,4 *мм* и размером 47×75 *мм* (рис. 28, *а*). Пластину, устанавливаемую со стороны печатных проводников, изолируют от них слоем лакоткани или тонкого прессшпана. Другую пластину устанавливают над платой на четырех стойках из оргстекла (рис. 28, *б* и *в*). Ее оклеивают с обеих сторон одним слоем тонкой кабельной или конденсаторной бумаги.

Напряжение с калибратора к выходным гнездам, на которых монтируется делитель, подводят тонким экранированным проводом (МГТФ-Э), который крепят к верхней направляющей платы II.

Плата IV, располагаемая под цокольной частью электроннолучевой трубки в горизонтальном положении, затрудняет вентиляцию. Для уменьшения этого влияния по всей ее свободной поверхности просверливают вентиляционные отверстия диаметром 3, 4 и 5 *мм*. Примерное их расположение показано на рис. 25, *а*. Под конденсаторами C_{41} и C_{42} делают в плате продолговатое окно размером примерно 5×20 *мм*, в которое утапливают один из них для получения одинаковой с другими конденсаторами высоты (рис. 28, *д*). Платы V и VI устанавливают на плате IV в местах, обозначенных пунктиром. Крепят их металлическими угольниками с резьбой под винты М1,4 *мм*. Угольники, фиксирующие верхние края плат, припаивают к каркасу. Расположение плат V и VI показано на рис. 28, *е*

Для подключения электроннолучевой трубки используют лепестки от пластмассовых панелей для пальчиковых ламп. Хвостовую часть лепестка отрезают, как показано на рис. 28, *ж* (пунктиром показана прежняя форма лепестка). Этот лепесток подпаивают к концу провода и на него надевают отрезки хлорвиниловых трубочек. На трубке, одеваемой на цангу лепестка, пишут номер штырька цоколя, к которому должен подключаться данный провод. Собранный лепесток показан на рис. 28, *з*. Отсутствие тяжелой ламповой панели

Рис. 28. Магнитный экран (*а*); стойка (*б*); установка экранов на плате II (*в*); экран аттенюатора *У* (*г*); установка конденсаторов C_{41}, C_{42} на плате IV (*д*); установка плат V и VI на плате IV (*е*); доработка лепестка от ламповой панели (*ж*); собранный лепесток для трубки (*з*).

упрощает крепление трубки и позволяет значительно снизить объем конструкции, при этом нисколько не ухудшается надежность контакта со штырьками цоколя.

Для уменьшения количества перепаек на печатных платах целесообразно предварительно собрать развернутую схему. Ее собирают из деталей, которые должны устанавливаться на плату, и на ней производятся основная регулировка режимов и черновая отладка работы. При сборке платы в местах пайки подбираемых элементов на время окончательной наладки впаивают отрезки луженого провода диаметром 0,5—0,6 *мм*, к которым и подпаивают подбираемые детали. После наладки эти отрезки провода удаляют, а подобранную деталь устанавливают на плату. Если возможна периодическая смена деталей, то в местах их установки ставят штырьки, как для подпайки внешнего монтажа (рис. 26, *а* и *б*), и к ним подпаивают детали (плата VII, резисторы $R_{109}-R_{112}$ и $R_{132}-R_{135}$).

Переключатели. В осциллографе имеется три различных типа кнопочных переключателей. Два из них имеют независимую фиксацию кнопок. Это переключатели $П_1$ и $П_2$, управляющие аттенюаторами, а также $П_4-П_8$, управляющие работой развертки, синхронизации и усилителем подсвета. Переключатель $П_3$, переключающий поддиапазоны длительностей развертки, имеет зависимую фиксацию кнопок. На одних платах с ним смонтирован потенциометр R_{113}, имеющий продольное перемещение движка. Ход кнопок всех переключателей 4 *мм*. Конструкция контактной системы в них также одинакова (рис. 29, *а*). На верхней *1* и нижней *2* платах имеются по два соосных контакта *3* и *4*. Верхние и нижние контакты *3* замыкаются фигурной пружиной *5*, закрепленной на движке *6*. При передвижении движка *6* вправо пружина *5* перейдет на соседнюю пару соосных контактов *4*. После возвращения движка назад (влево) вновь будут замкнуты контакты *3*. Расстояние между внутренними сторонами плат 5—5,5 *мм*. Расстояние от места закрепления фигурной пружины на движке до точек касания на контактах равно 5 *мм*. Движок изготовляют из полоски гетинакса толщиной 0,8—1 *мм* и шириной 4,5—6 *мм* (рис. 29, *б*). Для фигурной пружины необходима бериллиевая бронза толщиной 0,08—0,1 *мм*. Ширина пружины 1,7—2 *мм*. Внешнюю сторону ее желательно посеребрить. Форма фигурной пружины показана на рис. 29, *в*. Для закрепления ее на движке служат поперечные прорези. Пропиливать их нужно в обе стороны от отверстия диаметром 0,8—1 *мм*, которое сверлят на месте установки пружины. Необходимую форму придают ей после установки ее на движок при помощи простого приспособления, изготовленного из двух отрезков по 15—20 *мм* латунного стержня диаметром 3—3,2 *мм*, опиленных и спаянных, как показано на рис. 29, *г*. Контакты на платах переключателя можно изготовлять либо методом печати на фольгированном пластике, либо установкой на плате П-образных скоб.

Печатным способом контакты переключателя изготовляют так же, как и печатные платы по трафарету, изображенному на рис. 29, *д*. Контакты при этом способе изготовления имеют овальную форму. На трафарете она создается распиливанием в стороны на 0,75 *мм* центрального отверстия диаметром 2,5 *мм* (на рис. 29, *д* — заштрихованы). Для соединения контактов с внешним монтажом на трафарете сделаны отверстия для контактных площадок диаметром 1,6 *мм*. Если подпаивать необходимо снаружи после сборки переключателя, то в нужные контактные площадки устанавливают заклепки, как это делают на платах. Соединение внутри переключателя можно делать как с помощью печатных проводников, так и проволочными перемычками (с наружной стороны платы). Пример выполнения контактов печатным способом показан на рис. 29, *е*. П-образные скобы на платы переключателя устанавливают в специальные прорези, которые пропиливают на месте расположения контактов (рис. 29, *ж*). Скобы изготовляют из латунной фоль-

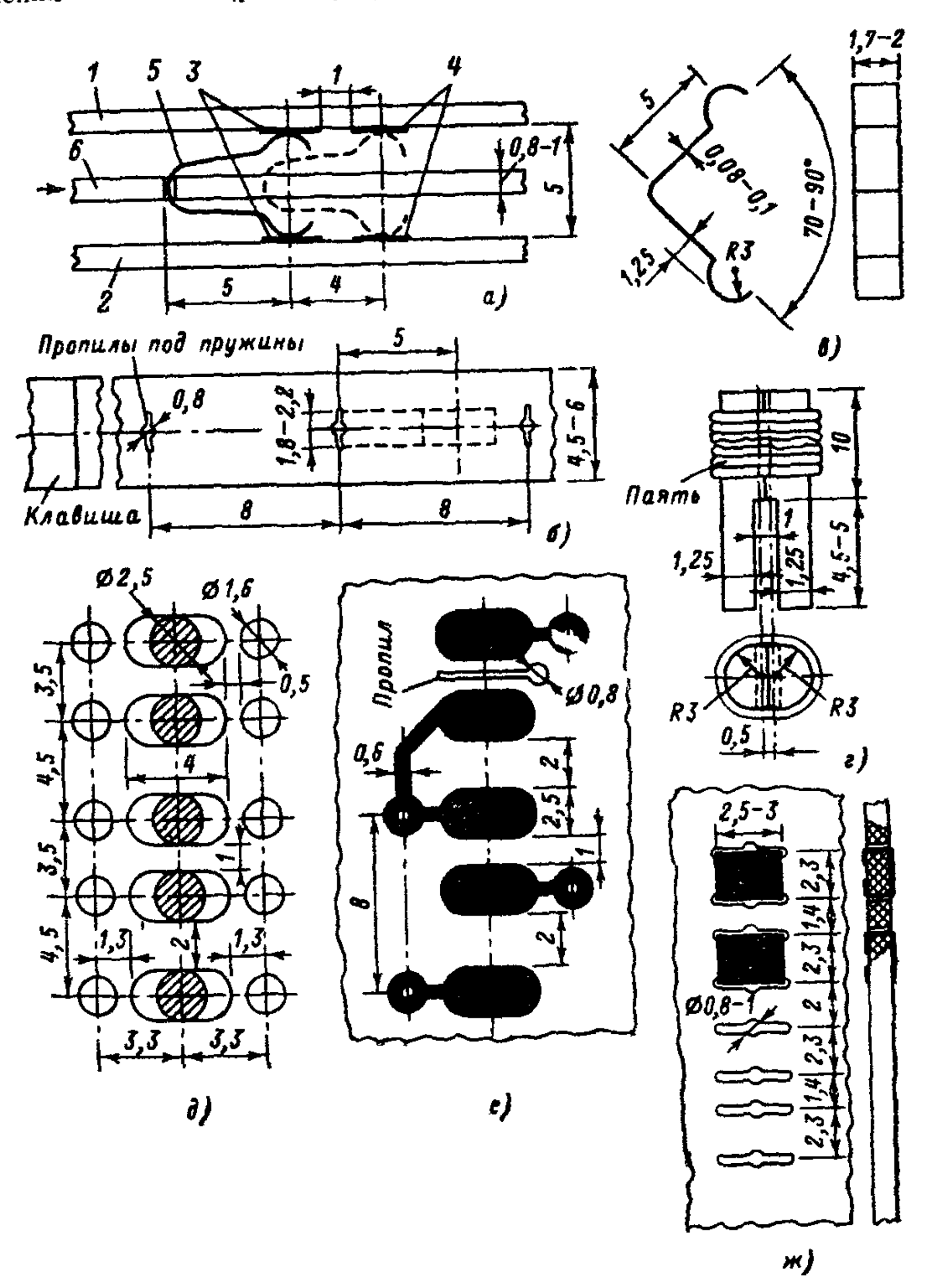


Рис. 29. Конструкция деталей переключателя.

а — контактная система; *б* — конструкция движка; *в* — фигурная пружина; *г* — приспособление для изготовления пружин; *д* — схема трафарета для контактов; *е* — пример выполнения переключателей печатным способом; *ж* — изготовление контактов из П-образных скоб.

ги толщиной около 0,1 *мм*. Скобы сажают на клей БФ-2, а с противоположной стороны платы их края загибают и к ним подпаивают монтаж.

Для плат переключателей в этом случае лучше всего подходит гетинакс толщиной 1 *мм*. Эти переключатели свободны от недостатка «размазывания» контактов благодаря своей конструкции (прорези лежат в его основе), но изготовление их более трудоемко.

Платы переключателей аттенюаторов показаны на рис. 26, *е* и *ж*. Платы выполняют печатным способом. Для уменьшения паразитных емкостей контактные группы разнесены. Для их изготовления используют тот же трафарет: вторую контактную группу наносят, пропустив один контакт (расстояние между центрами получается 8 *мм*), а большой зазор между контактами (2 *мм*) уменьшают путем сдвига трафарета на 1 *мм*. Устройство движка с клавишей показано на рис 30, *а*.

Клавишу *1* изготовляют из какого-либо пластика (например, полистирола) лучше всего белого цвета. Размеры ее указаны на рисунке. Клавишу на движке *2* закрепляют фиксирующим выступом *3*, который входит в отверстие *6* и одной заклепкой *4*. Для предотвращения возможного болтания клавиши вокруг заклепки *4* перед сборкой ее в прорезь *5* вводят какой-либо клей или цапон-лак. Фиксация кнопки во вдвинутом положении происходит выпилением на движке зубцом *7*, который заходит за стопор *8*. Стопор в данном переключателе жестко закреплен, а движок с клавишей имеют возможность поворачиваться вокруг направляющего штифта *9*. Он представляет собой отрезок проволоки диаметром 1 *мм*, впаянный в пистон *10* на движке *2*. Переключатель аттенюаторов в собранном виде изображен на рис. 30, *б*, а на рис. 30, *в* дан вид сбоку собранного аттенюатора *Y* с платой *B*. Для упрощения понимания конструкции нумерация деталей на рис. 30, *б* и *в* одинаковая.

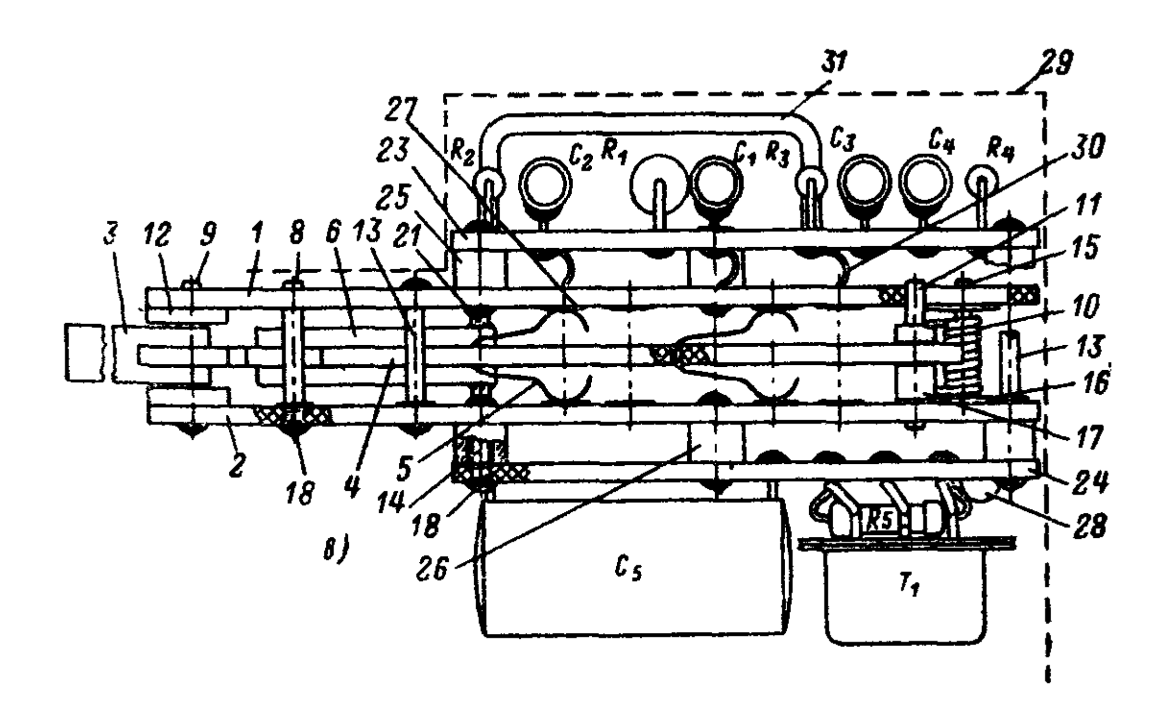


Рис. 30. Переключатель аттенюаторов.

а — движок с клавишей; *б* — переключатель в собранном виде; *в* — переключатель аттенюатора *Y* с платами *A* и *B* (*31* — перемычка «корпус» к резисторам R_3 и R_4).

Платы переключателя *2* соединены между собой стойками *13*, впаянными в пистоны *18*. Для стоек применена проволока диаметром 0,8 *мм*. Между платами *1* и *2* установлены два движка *4* с закрепленными на них клавишами *3*, фигурными пружинами *5* и направляющими штифтами *11*. Последние входят в пазы *22*, пропиленные в обеих платах. Длина пазов определяет ход кнопок. Обычно расстояние между центрами отверстий, которые просверливают в начале и конце паза, равняется 4—4,2 *мм*; диаметр отверстий — 1,2 *мм* (они и определяют ширину паза). Ход кнопок при этом около 4,5 *мм*. Каждый движок *4* имеет возможность поворачиваться вокруг направляющего штифта *11*. Их поворот ограничивается с одной стороны стопорами *8*, к которым их прижимает Л-образная пружина *6*, с другой — ограничителем *9*. Угол поворота движков регулируют подбором необходимого диаметра хлорвиниловой трубки *20*, которую надевают на штифт (ограничитель) *9*. Пружину *6* изготовляют из полоски бериллиевой бронзы размером 25 × 3 *мм* и толщиной 0,3 *мм*. Ее припаивают к держателю *21*.

При нажатии на кнопку *3* (рис. 30, *б*) в осевом направлении (по стрелке *В*) пологий срез зубца *7* будет скользить по стопору *8*, поворачивая движок *4* вокруг штифта *11*. Движение кнопки происходит до тех пор, пока штифт *11* не упрется в противоположный конец паза *22*. В этом положении движка *4* зубец *7* под действием пружины *6* окажется за стопором *8* и обратное движение кнопки не возможно. Возврат кнопки происходит при нажатии на нее сбоку (по стрелке *Г*), при этом зубец *7* выйдет из-за стопора *8* и движок под действием возвратной пружины *10* займет исходное положение. Возвратную пружину делают из стальной проволоки диаметром 0,25—0,3 *мм* (имеет 9—11 витков). Ее наружный диаметр 2—2,2 *мм*. Она свободно надевается на держатель *15*. Концы пружины *10* упираются в направляющие штифты *11*. Ее положение на держателе *15* фиксируют шайбами *16*. Штифт *9* и держатели *15* и *21* имеют диаметр 1 *мм*. Закрепляют их пайкой в пистонах *18* на плате *2*. В плате *1* для них просверливают отверстия диаметром 1,1—1,2 *мм*. Для сохранения клавишами *3* среднего положения между платами *1* и *2* к последним прикрепляют (приклеивают или приклепывают) планки *12* Их делают из гетинакса или текстолита, толщиной 0,7—0,8 *мм*, а шириной 4—5 *мм*. Хвостовая часть движков фиксируется в среднем положении отрезками хлорвиниловой трубки *17*, надетыми на направляющие штифты *11*. Передний и задний выступы (*а* и *б*) на платах переключателя служат для крепления его на платах осциллографа, в которых для этого имеются продольные пазы (рис. 30, *б*, *в* *22* и *24*). Расположение платы осциллографа показано на рис. 30, *б* пунктиром *19*. Плату *А* (*23*) аттенюатора и плату *В* (*24*) с входным транзистором T_1 согласующего каскада закрепляют на платах *1* и *2* переключателя, каждую в трех точках. Одной из них служит удлиненная в оба конца задняя стойка переключателя. Две других: переднюю (*25*) и боковую (*26*) выполняют для каждой платы самостоятельно из отрезков провода *14* диаметром 0,6—0,8 *мм*. Как и все остальные, их крепят пайкой в пистонах *18*. На проволоки надевают втулочки высотой 1,8—2 *мм* (кусочки оргстекла). Боковое крепление платы аттенюатора одновременно служит перемычкой с переключателем и выполняется из вывода конденсатора C_1 (C_{74} — для аттенюатора усилителя *X*).

На плате *1* переключателя пайка производится к контактной площадке и пистон в этом месте можно не ставить. Контакты *27*

переключателя соединяют с платой *А* голым луженым проводом *30* диаметром 0,3—0,4 *мм* (пайка этих перемычек к контактам *27* на рис. 30, *в* не показана). Выход аттенюатора с платой *А* соединяют изолированным проводом, который пропускают сквозь платы *1—2* через специально просверленное отверстие (в 5—6 *мм* от держателя *21* пружины *6* на рис. 30, *б*). Провод, соединяющий плату *А* со входом, пропускают в отверстия для пропилов в первой контактной группе. Для устранения внешних наводок на входные цепи весь узел помещают в экран. Расположение экрана показано штриховой линией *29*. Передняя и нижняя стороны защищены панелью и уголками каркаса. Внешний монтаж к плате *В* подключают пайкой проводов к заклепкам *28*.

Узел аттенюатора собирают в следующем порядке: монтируют платы *А* и *В*, собирают движки и паяют на нижней плате переключателя стопоры, упор и держатели; плату *А* устанавливают на верхней плате, к которой уже подпаяны проводники входа и выхода, скрепляют их и паяют перемычки; собранные движки устанавливают на нижнюю плату и закрепляют на ней хомутами из мягкой тонкой проволоки, закручивают (верхним концом) пружины возврата для создания необходимого усилия (устанавливается до окончательной сборки); верхнюю плату устанавливают на нижнюю и закрепляют на расстоянии 5 *мм*, снимают хомуты, крепящие движки, проверяют работу механизма переключателя и паяют его крепления, на переключатель аттенюатора *Y* устанавливают, подключают и закрепляют пайкой платы *В*. Узел аттенюатора *X* для усилителя горизонтального отклонения платы *В* не имеет, и его сборка заканчивается раньше.

Переключатели $П_4$—$П_8$ выполнены в виде единого блока. Каждая из пяти кнопок управляет одним переключателем и имеет независимую фиксацию. Для получения возможно меньшей глубины блока с движков кнопок исключены фиксирующий зубец и направляющий штифт. Эти детали перенесены на платы блока. Вертикальное их расположение также изменило крепление клавиши на движке. Длина движков зависит от количества контактных пар (одна или две). На рис. 31, *в* и *г* показаны обе разновидности кнопок. Отличие их от кнопок аттенюатора в том, что пропил для движка *1* сделан по широкой стороне клавиши *2* (движок располагается вертикально), заклепка заменена стопором *3* и на хвостовой части движка сделан направляющий паз *4*. Фигурная пружина *5* и ее крепление на движке такие же. Сборка движка с клавишей аналогична описанной. Стопор *3* нужно плотно вставить в отверстие клавиши.

Платы блока выполнены также печатным способом. Они показаны на рис. 31, *а* и *б*. Расстояние между кнопками переключателей здесь меньше (7 *мм*) и поэтому при их изготовлении необходимо сдвигать плату под трафаретом для начертания следующего ряда на 2 *мм* (на трафарете расстояние между кнопками предусмотрено равным 9 *мм*). Контактные площадки для выводов можно начертить обычного диаметра — 2 *мм*, а площадки, рассчитанные для установки пистонов, должны быть обязательно сделаны диаметром 2,2 *мм*. После установки пистона он обязательно должен быть пропаян с фольгой платы. Пистоны ставят в местах установки направляющих штифтов. Для фиксации кнопок в нажатом состоянии на платах делают фигурный пропил (фиксирующий зуб) — *А*. На рис. 31, *д* — *м* даны остальные детали переключателей. Для сборки

Рис. 31. Детали блока переключателей.

Рис. 31 (продолжение).

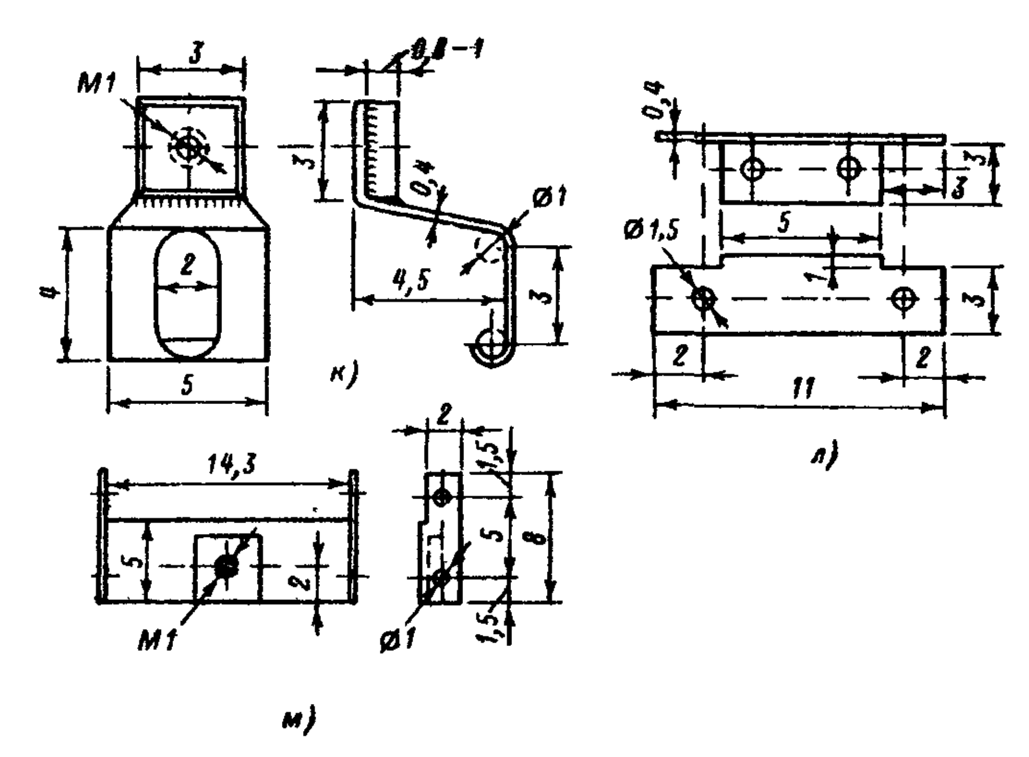


Рис. 31 (продолжение).

а, б — платы блока переключателей; *в, г* — кнопки переключателей; *д* — плата держателей пружин, *е* — возвратная пружина; *ж, з* — пружина подъема; *и—м* — детали крепления блока переключателей.

блока переключателей, кроме печатных плат, необходимо изготовить: кнопки с короткими движками (с одной фигурной пружиной) — 3 шт.; кнопки с длинными движками (две фигурные пружины) — 2 шт.; планки держателей пружин — 2 шт. (во все их отверстия диаметром 1,5 *мм*, указанные на рис. 31, *д*, устанавливают пистоны по 11 шт. на планке), пружины возврата (рис. 31, *е*) — 10 шт. (пять правой навивки и пять левой). При их изготовлении необходимо помнить, что все они работают на скручивание; пружины подъема — 3 шт. длинные (рис. 31, *з*) и 2 шт. короткие (рис. 31, *ж*) (последние в дополнение к клепке еще и припаивают к держателю; детали крепления — угольник рис. 31, *и* 2 шт., остальные по одной.

Собранный блок переключателей показан на рис. 32 Сборку его начинают с впаивания держателей *7* для пружин возврата *6* на планки *10*. Расположение держателей на этих планках асимметричное, и это необходимо учитывать при работе Держатели *7* делают из проволоки диаметром 1 *мм*. Они выступают над платой на 3,4—3,5 *мм*. Удобнее всего их впаивать при сложенных попарно платах *1* и *2* блока переключателей и планок *10*. Это обеспечит соосность держателей *7* с соответствующими отверстиями плат *1* и *2*. Сначала держатели делают несколько большей длины. Когда все они установлены, плату *1* (*2*) с планкой *10* раздвигают на 2,5 *мм*, а излишки длины держателей обкусывают и подравнивают бархатным напильником

На держатели устанавливают пружины *6*, и их прямые концы закрепляют на планках несколькими витками тонкой проволоки, которую затем пропаивают.

На платы *1* и *2* устанавливают все пистоны, заклепки для выводов, укрепляют угольники *12* и устанавливают стойки *11*. Для них нужны заклепки диаметром 1 *мм* с головкой «впотай». Их головки должны быть полностью утоплены в теле плат. Закрепляют их напайкой вплотиую к плате проволочного кольца *16*. Планки *10* вместе с пружинами *6* устанавливают на свои места на платах *1* и *2* и проверяют работу пружины. При движении по фигурному па-

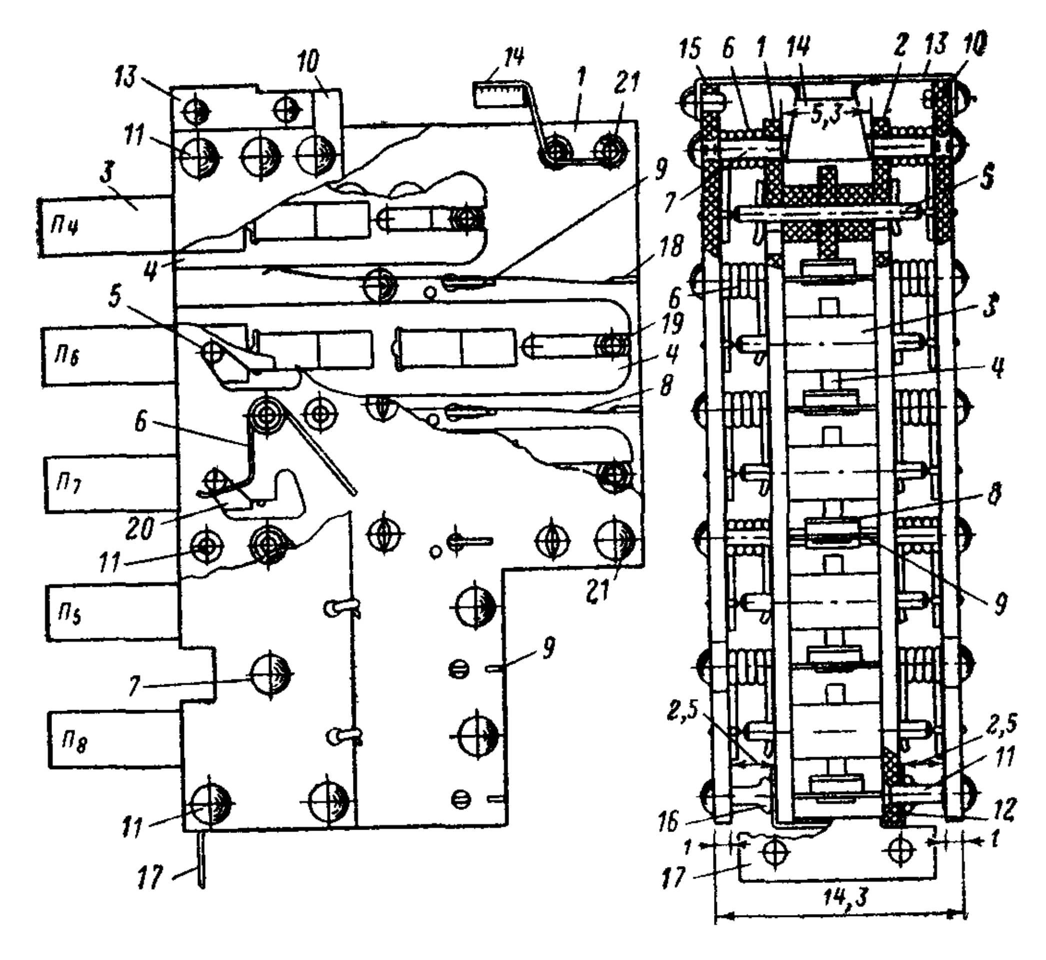


Рис. 32. Собранный блок переключателей.

зу *20* отрезка проволоки с заведенным за него изогнутым концом пружины *6* последний не должен сильно тереться по плате блока переключателей или далеко от нее отходить, а также цепляться за соседнюю пружину. После этой проверки и подгонки планки снимают и переключатели собирают.

В одну из плат впаивают направляющие штифты *19*, устанавливают пружины подъема *8* с держателями *9*. На направляющие штифты надевают центрирующие втулки (отрезки трубочки из фторопласта), вставляют движки *4* с клавишами *3* и устанавливают вторую плату блока переключателей. Расстояние между платами устанавливают таким, чтобы клавиши *3* свободно, но без особого люфта двигались между ними. Платы скрепляют пайкой направляющих штифтов *19*, стоек *21* и угольника *17*, припаиваемого к уголкам *12*. После этого закрепляют держатели *9* напайкой на них с внешней стороны плат отрезков проволоки диаметром 0,5 *мм*. Хвостовую часть нижней длинной пружины *8* закрепляют пайкой

к стойке *21*. Две остальные припаивают к латунным полоскам *18*, которые вставляют в пропилы на тыльной стороне плат. Полоски имеют размеры 8×1,5×0,3 *мм*. Закрепленные пружины *8* должны находиться на одинаковых от плат расстояниях. Планки с пружинами устанавливают на свои места и заводят пружины. Перед окончательным их креплением следует еще раз проверить работу всех переключателей.

При нажатии на кнопку вдоль ее оси стопор *5* должен свободно, без заеданий, пройти по фигурному пазу и заскочить за зубец. В прежнее положение кнопку возвращают нажатием на нее сверху. Когда все отлажено, планки *10* закрепляют на платах, при этом держатели *7* не должны выступать с внутренних сторон плат *1* и *2*. Скобу *13* закрепляют петлей из двух проволок *15* диаметром 0,4—0,5 *мм*. Их пропускают в отверстия скобы и планок. Натягивают их путем скручивания с наружной стороны скобы *13*. После натяжки отверстия в скобе запаивают, а ненужную часть петли со скруткой удаляют. Скобу *14* припаивают к верхним задним стойкам *21*. В приборе блок переключателей закрепляют четырьмя винтами. Винтами М1 скобы *13* и *14* привинчивают к верхнему уголку передней рамы и к уголку перекладины для крепления направляющих. Угольник *17* закрепляют двумя винтами М1,4 на корпусе блока гнезд.

Переключатель $П_3$ поддиапазонов длительностей развертки имеет четыре кнопки с зависимой фиксацией. Каждая из них переключает четыре контактные группы. Устройство их аналогично кнопкам аттенюатора и показано на рис. 33, *в*. Новая деталь в данном переключателе — подвижный стопор (рис. 33, *г*). Он представляет собой латунную планку *1* с закрепленными в ней штифтами *2*. Их делают из латунной или стальной проволоки диаметром 1—1,2 *мм*, они должны плотно входить в отверстия планки. Закрепляют их пайкой. Концы крайних штифтов выступают с другой стороны планки на 2—2,5 *мм* и служат направляющими. Остальные штифты не должны выступать более чем на 0,2 *мм*. Платы переключателя выполнены печатным способом. Разводка соединений на них показана на рис. 33, *а* и *б*.

Подвижный стопор *1* (рис. 34) располагают с наружной стороны нижней платы *2*, между ней и накладкой *5* платы *4* (плата VII, рис. 25, *в*). Штифты *6* стопора *1* проходят в пазы *7* платы *2* и накладки *8* платы *3*. При нажатии на кнопку зубец *10*, выпиленный на движке *11*, отодвинет штифт *6* подвижного стопора *1*. Когда кнопка достигнет упора (направляющий штифт *2* дойдет до конца паза *13*), штифт *6* под действием пружины *14* возвратится в свое исходное положение и кнопка будет застопорена во вдвинутом положении.

Если теперь будет нажата какая-либо другая кнопка, это вызовет вновь смещение подвижного стопора *1* со всеми штифтами *6* и зуб *10* нажатой кнопки будет освобожден. Под действием возвратной пружины *20* ранее нажатая кнопка займет выдвинутое положение. Продолжение движения нажимаемой кнопки приведет к фиксации ее во вдвинутом положении. Перемещению кнопок в боковом направлении под действием пружины *14* подвижного стопора препятствуют стойки *17* и упоры *18*. На последние надеты отрезки хлорвиниловой или фторопластовой трубки *19* до получения требуемого размера. Упоры *18* служат перемычками от контактов верхней платы к нижней, для соединения с платой VII. Удлиненный на плату *2* конец правого упора *18* четвертой кнопки используется так же, как держатель пружины *14* подвижного стопора *1*. Пружину *14* делают из стальной проволоки диаметром 0,3 *мм* (пять-шесть витков). Возвратные пружины *20* аналогичны пружинам в переключателе аттенюатора. Их держатели *21* закрепляют только в нижней плате *2*. Плату VII на переключателе закрепляют в четырех точках на удлиненных стойках *17*. Во всех местах силового крепления (стойки, держатели, упоры и т. п.) установлены пистоны. Собирают переключатель примерно по той же схеме, что и переключатель аттенюаторов: устанавливают на плате *2* все крепежные детали (стойки, упоры, держатели) и подпаивают монтажные проводники для соединения с платой VII; устанавливают подвижный стопор *1* и плату VII; регулируют ход стопора шайбами *16*; подключают к плате VII монтаж от контактов переключателя и закрепляют ее; устанавливают кнопки с движками и регулируют зазор на упорах *18*; устанавливают плату *3* переключателя, проверяют работу кнопок и окончательно собирают переключатель.

Печатный монтаж платы VII разведен по ее наружной стороне. Поэтому для пайки сопротивлений и конденсаторов (тем более, чем все они подбираемые), а также и внешнего монтажа целесообразно использовать либо штырьки (рис. 27, *а*), либо маленькие заклепки (0,8—1 *мм*) со сферической головкой. При установке как тех, так и других необходимо их спаять с фольгой контактной площадки.

На одних с переключателем $П_3$ платах собирают и потенциометр R_{113} ручной коррекции линейности развертки. Его конструкция и детали показаны на рис. 33, *д—ж*. Управляют им путем перемещения клавиши *1* в осевом направлении. Самостоятельного возврата потенциометр не имеет, поэтому для удобства выдвигания кнопки на нижней плоскости у наружного торца клавиши *1* проделаны две канавки *21*. Клавишу изготовляют из цветного пластика (для отличия ее от кнопок переключателя). Размеры ее и крепление в ней планки *2* такие же, как и у клавиш переключателя. К планке *2*, выступающей за клавишу на 8—9 *мм*, снизу двумя заклепками *17* прикрепляют движок *3*. В хвостовой его части, в пистоне *14* закрепляют направляющий штифт *11*, а в средней приклеивают две полоски *4* из покрытого графитом гетинакса. Вырезают их из подковки *22* линейного потенциала СП, как показано на рис. 33, *ж*. Полное сопротивление подковки должно быть в пределах 300—500 *ком*. Приклеивают ее клеем БФ-2. С углов на соприкасающихся сторонах полосок, снимают фаски, как показано на выноске *Б—Б*, рис. 33, *е*. Замыкание графитового слоя *24* планок *4* происходит пружинной накладкой *5* из бериллиевой бронзы толщиной 0,08—0,1 *мм*, прижимаемой винтом *6* (М1). Положение накладки *5* определяется при полностью вдвинутом движке *3*. В таком положении контактные пружины *8* должны почти касаться края накладки *5* (0,2—0,3 *мм*). Для уменьшения остаточного сопротивления под накладкой *5* и на 1,5 *мм* дальше карандашом твердости ТМ наносят дополнительный слой графита. После установки накладки *5* в нужное положение ее и винт *6* закрепляют краской (место *23* показано пунктиром). Контактные пружины *8* делают из пружины щетки от того же потенциометра СП. В каждую контактную пружину их ставят по две. Крепят их на плате *7* пайкой *9* и *10* к хомутику *20* из трех-четырех проволок диаметром 0,08—0,1 *мм*. Схема пайки показана на выноске. Проволоки хомутика *20* пропускают через от-

Рис. 33. Детали переключателя.

а, *б* — нижняя и верхняя платы переключателя; *в* — конструкция движка с клавишей, *г* — подвижной стопор; *д* — схема устройства движкового потенциометра; *е* — движок потенциометра; *ж* — раскрой подковки от переменного резистора СП для потенциометра.

верстня в контактных площадках *19* и после тщательного выравнивания пружин припаивают сначала щетки к хомутику *9* (показан пунктиром), а затем уже хомутик припаивают к контактным площадкам *19*. Во время пайки проволоки хомутика *20* должны быть

Рис. 34. Общий вид переключателя $П_3$ с потенциометром R_{113}.

достаточно натянуты. После пайки излишки проволоки и перемычку из нее между контактными площадками *19* удаляют. Ход движка потенциометра около 6 *мм*. Он определяется длиной паза *15* в платах переключателя. Необходимое для фиксации движка в выбранном положении трение создается пружиной *13*. Она надета на штифт *11* и прижимает шайбы *12* из капрона или фторопласта к платам переключателя. Общий вид переключателя с потенциометром показан на рис. 34.

Блоки потенциометров и входные гнезда. Восемь управляющих потенциометров разбиты на два блока — правый и левый. В правый блок входят потенциометры управления усилителем вертикального отклонения луча (R_8), синхронизацией развертки (R_{57}), смещением

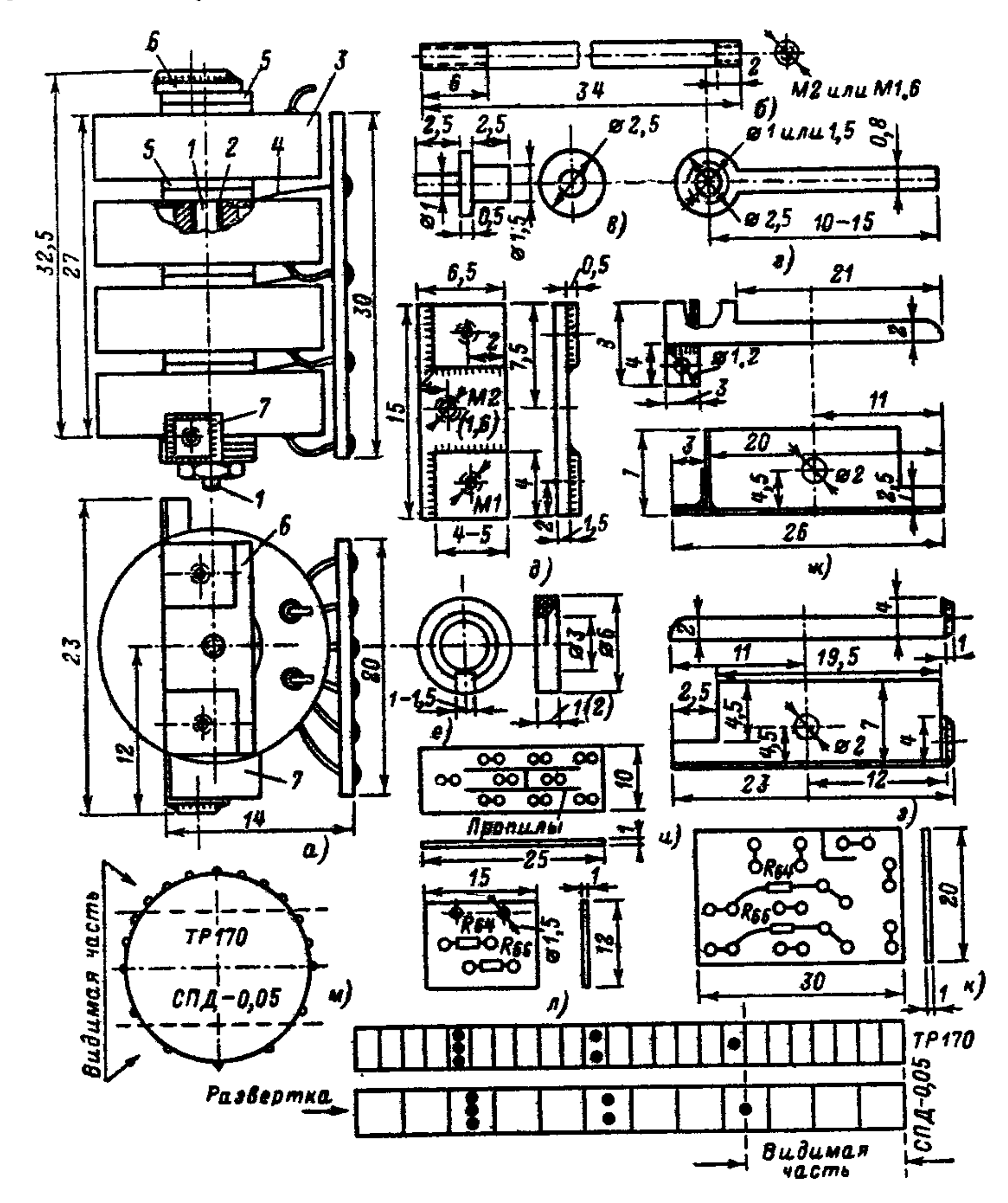


Рис. 35. Блок потенциометров.

а — блок в сборе (правый); *б* — шпилька; *в* — заклепка; *г* — лепесток; *д* — верхняя планка; *е* — изоляционная шайба; *ж* — нижняя планка (левая); *з* — нижняя планка (правая); *и* — планка для выводов левого блока; *к* — планка для выводов правого блока; *л* — плата для R_{64}, R_{66}; *м* — градуировочные метки на потенциометрах.

луча по вертикали (R_{65}) и фокусировки (R_{69}). В левый блок входят потенциометры управления смещением луча по горизонтали (R_{67}), яркостью луча (R_{71}), длительностью развертки (R_{87}) и усилителем горизонтального отклонения луча (R_{105}). Такая компановка органов управления возможна только при применении дисковых

переменных резисторов СПД-0,06 (СПД-0,05) или аналогичных резисторов ТР170 фирмы «Тесла», которые и использованы в приборе. Детали для сборки блоков показаны на рис. 35.

Необходимые по схеме номиналы резисторов R_8 — 1,5 *ком*, R_{65} — 1 *Мом*, R_{67} и R_{69} по 2,2 *Мом*, а при использовании потенциометров фирмы «Тесла» и R_{71} — 330 *ком* (470 *ком*) промышленностью не выпускаются и их необходимо переделать. Для этого нужно взять подковки из малогабаритных подстроечных резисторов СПП-II. Подковки эти имеют большую толщину гетинаксовой подложки и перед установкой их в переделываемые потенциометры необходимо часть подложки удалить наждачной шкуркой. Для этого ее кладут на гладкую жесткую поверхность и, прижимая к ней подкову, стачивают ее кругообразными движениями. Для замены подковки потенциометр необходимо вскрыть: снимают завальцовку сверлом большого диаметра (>5 *мм*) со стороны выводов. Со снятой крышки подковку удаляют спиливанием заклепок с внешней стороны. На месте снятой устанавливают подготовленную подковку от СПП-II и приклепывают ее мягкими медными заклепками, имеющими форму, показанную на рис. 35, *в*. С внешней стороны под заклепку подкладывают лепесток (рис. 35, *г*). Расклепывать нужно на оправке. Оставшиеся свободные концы заклепок срезают на высоте 1,2—1,3 *мм* (они служат стопорами). Крепить подковки можно пистонами. Стопоры в этом случае делают из отрезков медной проволоки диаметром 1 *мм*, которые впаивают с наружной стороны. Одновременно с ними к пистонам припаивают проводники для выводов. Крышку с новой подковкой устанавливают в потенциометр и временно стягивают винтом, пропущенным через центральное отверстие. После проверки работы потенциометра его можно устанавливать в блок.

Собранный блок потенциометров показан на рис. 35, *а*. Его собирают на шпильке *1*, изолированной прокладкой *2* от выводов движков (центральная втулка) резисторов *3*. Для потенциометров СПД-006 (СПД-0,05) диаметр шпильки берут 1,5—1,7 *мм* с резьбой М1,4 или М1,6, а для ТР170 — шпильку с резьбой М2 Прокладку *2* делают из хлорвиниловой трубки или фторопластовой ленты, она должна выдерживать напряжение примерно 1 *кв*. Для отвода *4* от движков потенциометров применяют полоски латунной фольги толщиной 0,08—0,1 *мм* и шириной около 1 *мм*, которые закладывают между втулкой вывода движка и прокладкой *2*. Между потенциометрами устанавливают изоляционные шайбы *5*, в которых делают радиальные проточки (рис. 35, *е*) под отвод *4*, иначе при стягивании могут получиться перекосы. Шпильку *1* верхним концом завинчивают в планку *6* и пропаивают, а с нижнего конца на нее навинчивают гайку, крепящую планку *7* и стягивающую весь блок. Планку *7* для левого блока делают по рис. 35, *ж*, а для правого — по рис. 35, *з*. Верхние планки одинаковы (рис. 35, *д*).

Для повышения трения между изоляционными шайбами *5* и деталями потенциометров первые перед сборкой целесообразно покрыть спиртовым раствором канифоли и просушить Повышенное трение позволит застопорить корпуса всех потенциометров при умеренном сжатии. При сильном сжатии могут появиться затирания. Применение же раствора канифоли при сборке блока может привести к нарушению работы потенциометров из-за попадания его внутрь и под контакты выводов. Если выводы потенциометров жесткие (ТР170), то к ним подпаивают планки с пистонами для

левого (рис. 35, *и*) и правого блоков (рис. 35, *к*), к выводам же потенциометров СПД и переделанным перед сборкой необходимо подпаять либо жесткие проводники для пайки на планки, либо изолированные провода (например, МГТФ) достаточной длины для непосредственного подключения к платам. В этом случае для монтажа резисторов R_{64} и R_{66} планку делают по рис. 35, *л* и прикрепляют ее непосредственно к перекладине каркаса вблизи потенциометра R_{65}. Так же устанавливают и резисторы R_{86} и R_{88} вблизи потенциометра R_{87}. Когда блоки потенциометров собраны, производится их контрольная установка в каркасе прибора (см. следующий раздел). Диски потенциометров должны выступать над каркасом на 4—4,5 *мм* (включая высоту зубцов).

Для облегчения в дальнейшей работе с прибором на диски потенциометров необходимо нанести градуировочные метки. Они представляют собой небольшие углубления, проделываемые на дисках-рукоятках в промежутке между их зубцами и залитых светлой краской. На рис. 35, *м* показаны диски потенциометров в плане, а также даны их развертки. Штриховыми линиями отмечено положение передней панели. На выступающей над панелью части диска потенциометра в зависимости от марки видно либо три, либо шесть полных промежутков между зубцами. Как видно из рисунка, нет необходимости наносить метки на каждый промежуток — от путаницы в этом случае могут избавить только цифры, нанесение которых весьма сложно. Поэтому выбран способ количественной метки: одна, две и три точки. Их наносят так, чтобы на видимой части диска почти всегда находилась только одна из них. Левый край окна в передней панели служит началом отсчета. Расстояние от него той или иной метки в числе зубцов (или их половин) служит для ориентировочной оценки положения потенциометра. Несмотря на простоту, такой метод дает неплохие результаты. Для нанесения начальных меток все потенциометры прокручивают влево до упора и на расположенных с левой стороны диска (в плоскости передней рамы каркаса) площадках делают отметки. Углубления для краски делают сверлом на глубину не более 0,5 *мм*.

Дисковые потенциометры нетрудно изготовить самому, используя детали от подстроечных резисторов ССП-II. Кроме подковки, используется также пружинный контакт. На рис. 36, *а* показан в увеличенном виде разрез собранного потенциометра, а на остальных — его детали. Потенциометр собирают внутри корпуса-рукоятки *1*. Его размеры показаны на рис. 36, *б*. Материалом для корпуса могут служить эбонит, полистирол, оргстекло или другие, хорошо обрабатывающиеся пластики

По всей наружной поверхности цилиндра сделаны параллельные его оси проточки для удобства вращения рукой. Проточки могут быть заменены горячей накаткой или просверленными до обточки вдоль окружности будущей ручки рядом отверстий (рис. 36, *в*). В пропил с внутренней стороны корпуса вклеивают поводок *2* (рис. 36, *г*), который входит в паз пружинного контакта *3*. Этот контакт берут от резистора СПП-II. На его хвостовой части пропиливают паз для поводка *2*, а квадратное отверстие на его центральной шайбе распиливают в круглое. Его центр несколько смещают к контакту, как показано на рис. 36, *д*. Пружинный контакт *3* этим отверстием надевают на специальную проточку центральной втулки *4* потенциометра и фиксируют на ней шайбой *5*. Сверху и снизу потенциометр закрывают одинаковыми крышками *6* (рис. 36, *ж*),

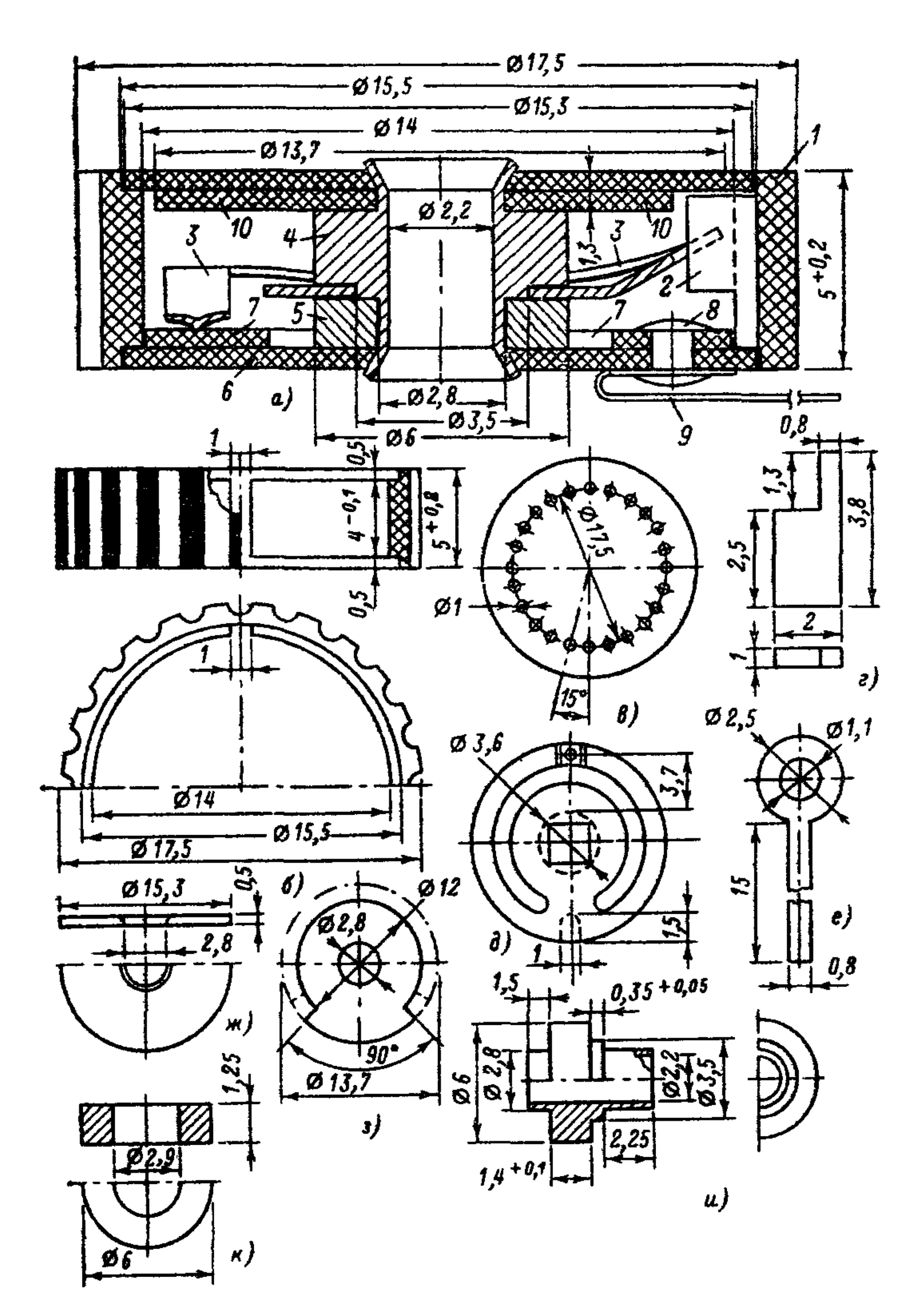


Рис. 36. Самодельный дисковый потенциометр.

а — собранный потенциометр; *б* — корпус-рукоятка; *в* — заготовка корпуса; *г* — поводок; *д* — доделка пружинного контакта; *е* — лепесток; *ж* — крышка; *з* — стопор; *и* — центральная втулка; *к* — шайба.

которые входят в углубления корпуса и фиксируют его положение. На нижнюю крышку заклепками *8* прикрепляют спиленную по толщине подковку *7* от резистора СПП-II и лепесток *9* (рис. 36, *е*). Заклепки *8* могут быть снятые с резистора СПП-II. На верхнюю крышку приклеивают стопор *10*. Он представляет собой диск

с выступающим сектором, в который упирается поводок *2* (рис. 36, *з*). Шириу оставляемого сектора перед приклеиванием стопора *10* к верхней крышке необходимо уточнить. Для этого на центральной втулке *4* собирают все детали потенциометра, без корпуса *1*, и вращением пружинного контакта *3* определяют требуемые размеры сектора стопора — контакт должен подходить близко к заклепкам *8*, но ни в коем случае не заходить за них, а также не останавливаться на графитовой дорожке, не дойдя до заклепок. Установка стопора при окончательной сборке потенциометра производится поворотом верхней крышки. Для облегчения этой операции на наружной стороне отмечают границы сектора стопора. После установки стопора выступающие концы центральной втулки *4* развальцовывают.

Гнезда для подключения к внешним приборам делают из таких же лепестков от панелей пальчиковых ламп, как и гнезда для подключения штырьков трубки. Отрезанный, как показано на рис. 28, *ж*, лепесток помещают в отверстие блока гнезд *1*, изображенного на рис. 37, *а*. Лепестки от выпадения удерживаются приклеенной планкой *2* и планкой *3*, прижимаемой винтами *4*. Для уменьшения возможных между гнездами наводок заземляют штыри *5*, припаянные к шине *6*. Корпус блока *1* сделан из гетинакса толщиной 6,2—6,5 *мм*, планки также гетинаксовые толщиной около 1,5 *мм*. Материалом для блока может служить и оргстекло. Передняя планка *2* в этом случае также должна быть из оргстекла (ее легче будет приклеить), но припаивать монтаж к лепесткам и экранирующие штыри *5* к шине *6* нужно с осторожностью или вне блока.

Каркас. Осциллограф размещен в каркасе, описанном в гл. 1 Левая часть каркаса, в которой устанавливают электроннолучевую трубку, отделена стальной перегородкой от правой, где размещены усилители. Перегородку закрепляют пайкой на вертикально расположенной продольной раме *1* из уголка 3×3×0,5 *мм*. Размещение этой рамы, как и остальных дополнительных деталей, показано на рис. 38, *а*. В левой части передней рамы каркаса устанавливают перекладину *2* из уголка 5×5×0,5 *мм*. Она замыкает опорную раму для экрана электроннолучевой трубки. С нижней стороны к этой перекладине припаивают латунные накладки *3* размером 5×4×1 *мм*. В них нарезают резьбу М1,4 для крепления переключателя $П_3$. Перекладину *2* припаивают так, что внешняя полка ее уголка лежит в одной плоскости с уголками каркаса. Для этого часть передней полки отгибают вглубь на толщину уголка каркаса. С другой стороны этой перекладины в горизонтальной полке ее уголка делают пропил для уголка рамы *1*.

Для крепления тыльной стороны переключателя $П_3$ и платы IV в левой части устанавливают П-образную скобу *4*, из уголка 3×3×0,5 *мм*. В местах установки винтов на нее напаяны накладки *5* размером 9×3×1 *мм*. Второй конец платы IV укрепляют винтами на уголках *6* и *7*, припаянных к уголкам задней рамы каркаса и рамы *1*. Верхние концы плат V и VI привинчивают к уголкам *8* и *9*, припаянным к верхнему уголку задней рамы каркаса.

Трубку крепят пружинами, как показано на рис. 38, *б*. Для их закрепления на горловину трубки надето кольцо, спаянное из полоски латуни шириной 5 *мм* и толщиной 0,2 *мм* с припаянными к нему четырьмя ушками из проволоки. Вторые концы трех пружин закрепляют на крючках *10*, припаиваемых к каркасу (рис. 38, *а*). Конец нижней левой пружины снабжают длинным крючком из

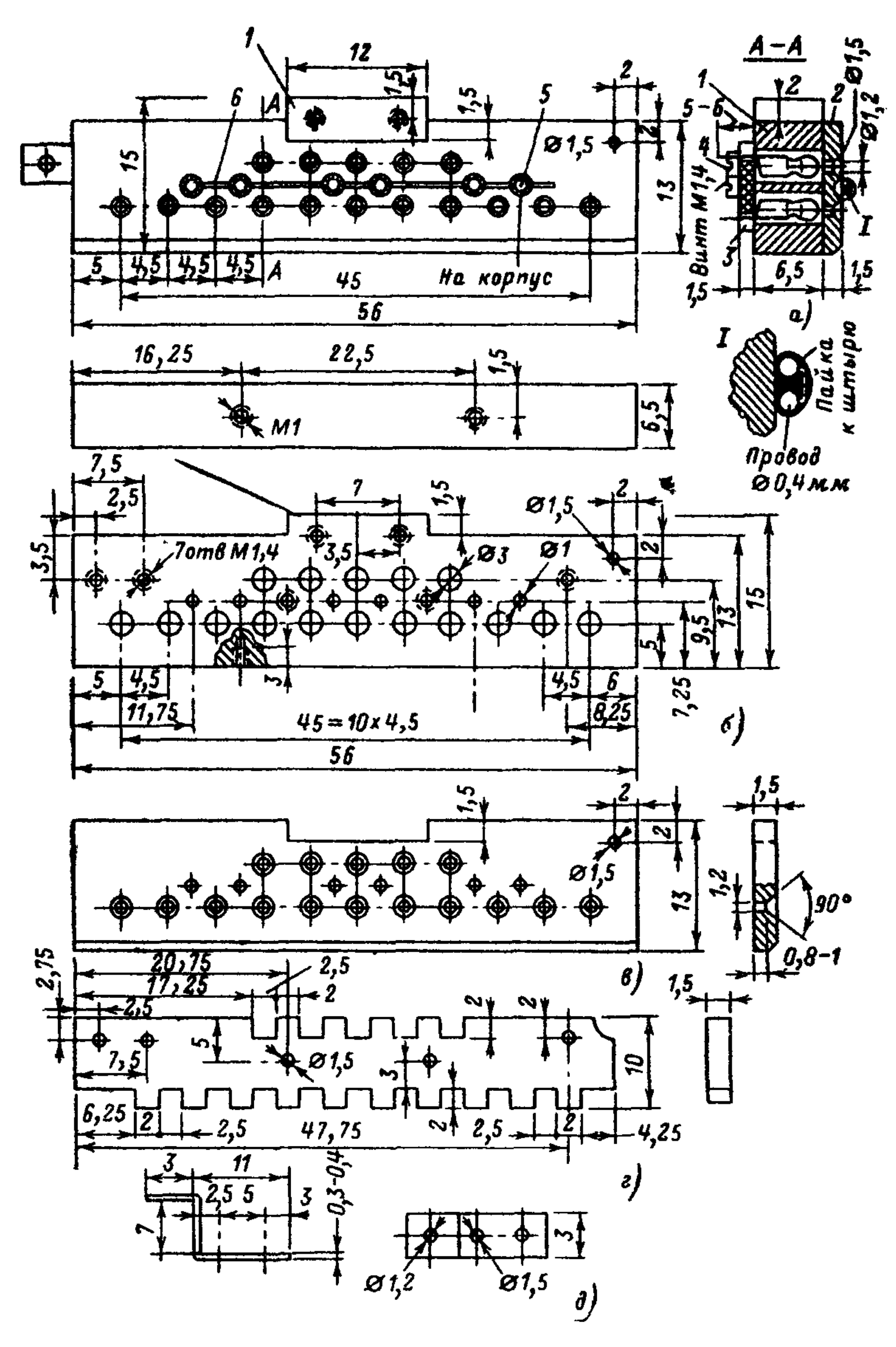


Рис. 37. Блок гнезд.

а — общий вид; *б* — корпус блока; *в* — приклеиваемая планка; *г* — привинчиваемая планка; *д* — угольник крепления.

проволоки. Он входит в отверстие на перекладине *2*. В средней части каждой из перекладин опорной рамы для трубки, с внутренней стороны подклеивают узкие полоски толстого картона. На них опираются края экрана трубки. Он имеет сферическую поверхность, и поэтому толщина полосок с боков должна быть подобраиа.

В правой части каркаса для крепления передних концов направляющих устаиовлены поперечные опоры *11* и *12* из уголка 3×3×0,5 *мм*. Правый край верхней опоры *11* к уголку рамы припаян «заподлицо» (как перекладина *2*), а левый — внакладку к раме *1*. Оба конца нижней опоры *12* припаяны внакладку, поэтому на передних концах направляющих для плат II и III перед пайкой снимают лыски иа 0,5 *мм*. Размеры для установки направляющих на рисунке даны от внешней стороны правой стеики до лицевой стороны (сторона установки деталей) монтажных плат I, II, III. Монтаж платы I размещают «внутри» уголков правой стенки каркаса, которые препятствуют ее вдвиганию на место. Поэтому ее устанавливают сбоку (при снятом аттенюаторе и правом блоке потеициометров). Для этой цели ее нижняя направляющая сделана съемной. Ее крепление показано на рис. 38, *в*. Для закрепления платы III на раме *1* сделана иапайка *13*, в которую завинчивают винт, крепящий гетинаксовую шайбу, как показаио на рис. 38, *г*. Крепление к передней раме каркаса блоков потенциометров и переключателей, а также блока гнезд показано иа рис. 38, *д*. Под все винты, завинчиваемые в уголки рамы с ее внутренней стороны, делают напайки латунных пластин (*14*, *15* и *16* на рис. 38, *а*).

Провода межблочного моитажа на элементах каркаса прикрепляют полосками *17* из мягкой латуни или меди шириной 2—2,5 *мм* и толщиной 0,2—0,25 *мм*. Эти полоски припаяны одним концом к каркасу, а их свободным концом обжимают провода монтажа, собранные в жгут. В местах крепления жгута под металлическую полоску ставят прокладку либо из бумаги, либо из пленки (фторопластовой или полнэтиленовой). На рис. 38, *ж* показаны крепление полоски *17* на уголке каркаса и закрепление ею жгута. Примерные места установки полосок *17* на рис. 38, *а* отмечены короткими стрелками (↓). Отверстия *18* (тот же рисунок) иа передней раме с резьбой М1,4 предназначеиы для крепления передней панели.

Передняя паиель. Кроме чисто декоративных функций, передняя панель в осциллографе несет и некоторые конструктивные элементы. На ней крепят масштабную сетку со светозащитным козырьком и изоляционные втулки в отверстиях для штеккеров. При работе в ярко освещенном помещении для увеличения контраста изображения на экране перед иим ставят зеленый светофильтр. Переднюю панель делают из алюминия толщиной 0,8—1 *мм* по способу фотохимического травления [Л. 15]

Рисунок паиели приведен на рис. 39, *а*. На нем указаны примерные размеры окон, пропилнваемых в панели, и расстояний между ними, а также конечная (после выпиливания) ширина обводки потенциометров. Расстояния от краев панели не указаны, так как они определяются иа окончательно собранной конструкции. Размеры пропилнваемых окон не должны значительно превосходить органы управления, так как это портнт внешний вид прибора, и в то же время их края не должны мешать свободному перемещенню кнопок и вращению потенциометров.

Фон панели может быть сделан черным (что и было выбрано автором) и тогда для темных ручек потенциометров необходимо

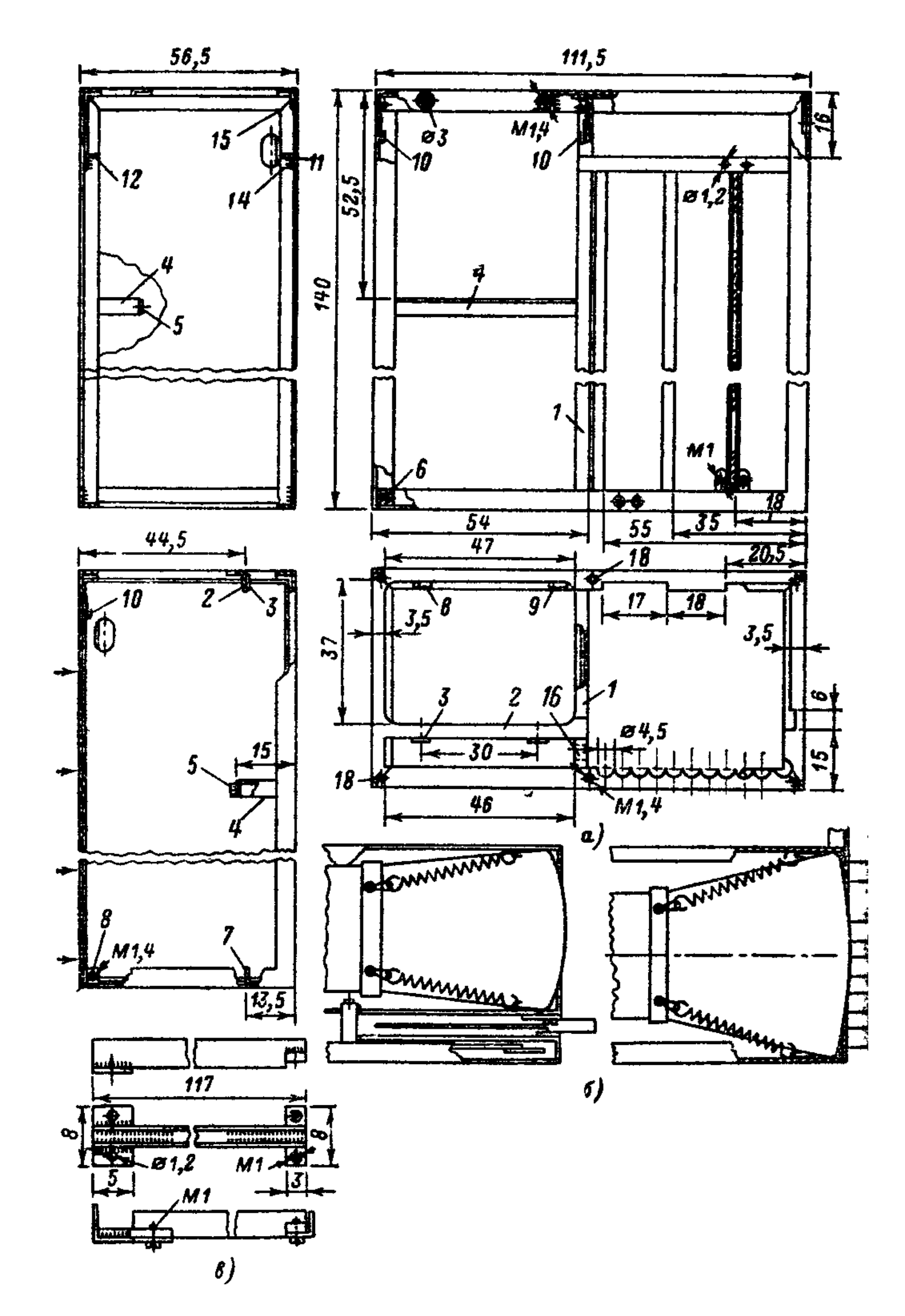


Рис. 38. Каркас осциллографа.

а — общий вид; *б* — крепление трубки и размещение переключателя $П_3$; *в* — нижняя съемная направляющая и ее крепление;

сделать белую обводку с черными надписями. Для белых кнопок переключателей обводки не требуется — они отчетливо выделяются на панели. Все остальные надписи сделаны белыми по черному фону. Вокруг втулок гнезд, имеющих темный цвет, также сделана белая обводка. Фон панели может быть выбран и белым (печать с позитива), тогда для белых кнопок потребуется темная обводка,

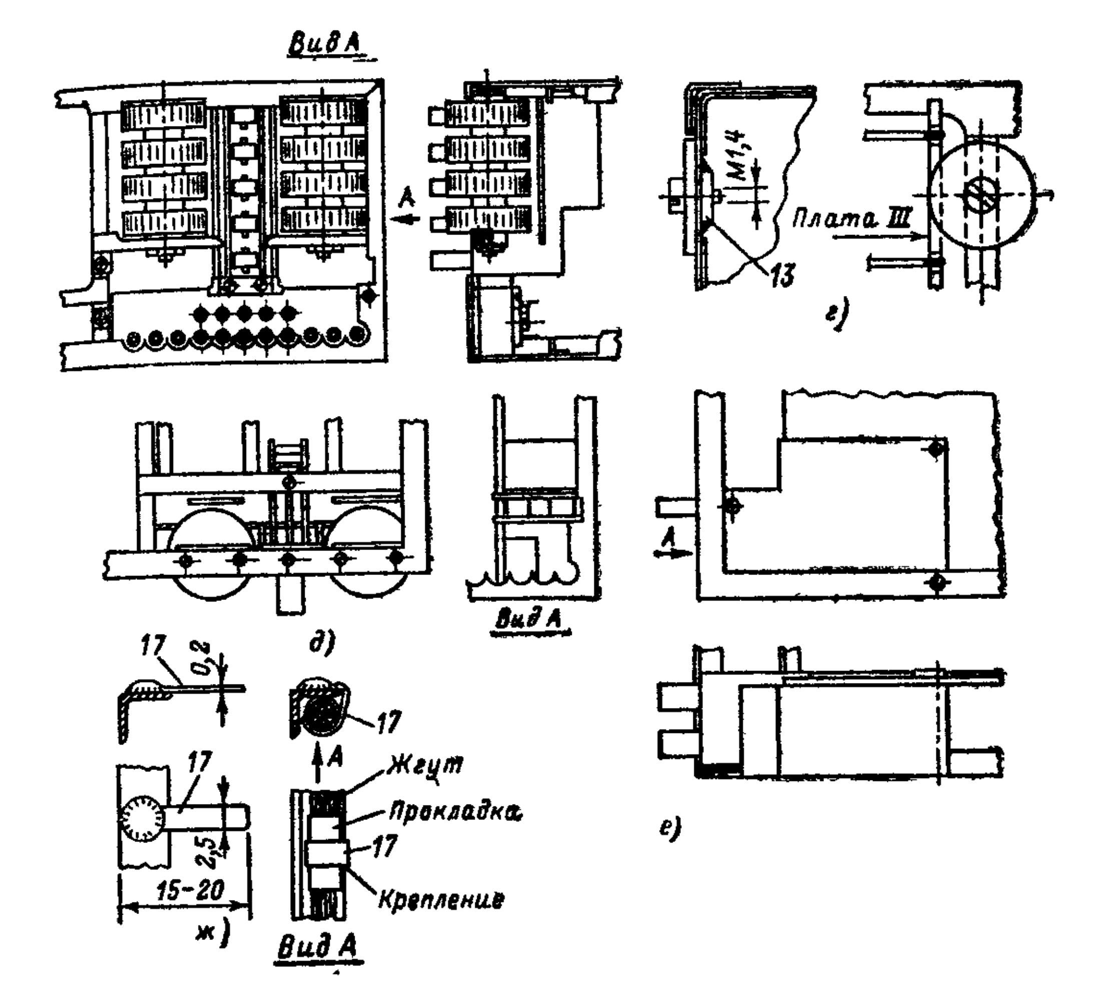


Рис. 38 (продолжение).

г — крепление платы III; *д* — размещение в каркасе блоков потенциометров, переключателей и гнезд; *е* — размещение экрана аттенюатора Y; *ж* — пайка полоски и крепление ею жгута.

а для потенциометров с темными ручками обводка потребуется только контурная (как на рис. 39, *а*). Значение ее в данном случае — адресовка надписей, так как панель достаточно ими насыщена. По этой же причине все надписи выполнены сокращенными и условными значками. Их значения приведены в табл. 2. Размеры передней панели на 2 *мм* больше соответствующих внешних размеров каркаса (по 1 *мм* на каждую сторону). Это необходимо учитывать при вычерчивании «экрана». Его вычерчивают тушью на ватмане в увеличенном масштабе (4—6 раз). Для сокращения трудоемкости работы по вычерчиванию надписей их изготовляют путем наклейки отдельных готовых букв необходимого размера. Для этого вычерчивают буквы выбранным шрифтом в сильно увеличенном масштабе. Вычерченный алфавит фотографируют в заданном масштабе или печатают (в случае использования узкой пленки). Печатать необходимо на особо контрастной бумаге. Из готовых отпечатков вырезают прямоугольники с необходимыми буквами и наклеивают их на экран. Для получения равных расстояний между буквами линии их вырезки также наносят на вычерчиваемый первоначально алфавит. Очень удобно для выполнения надписей в тесных местах пользоваться узким стандартным шрифтом,

Рис. 39. Передняя панель осциллографа.

а—передняя панель и выкройка светозащитного козырька; *б*—масштабная сетка;

Масштабную сетку для экрана осциллографа делают из оргстекла толщиной 3 *мм*. Наносят ее на обращенную к трубке сторону. Сетку можно наносить методом прочерчивания, фотопечати [Л. 15] и др. Расстояние между линиями лучше всего делать по

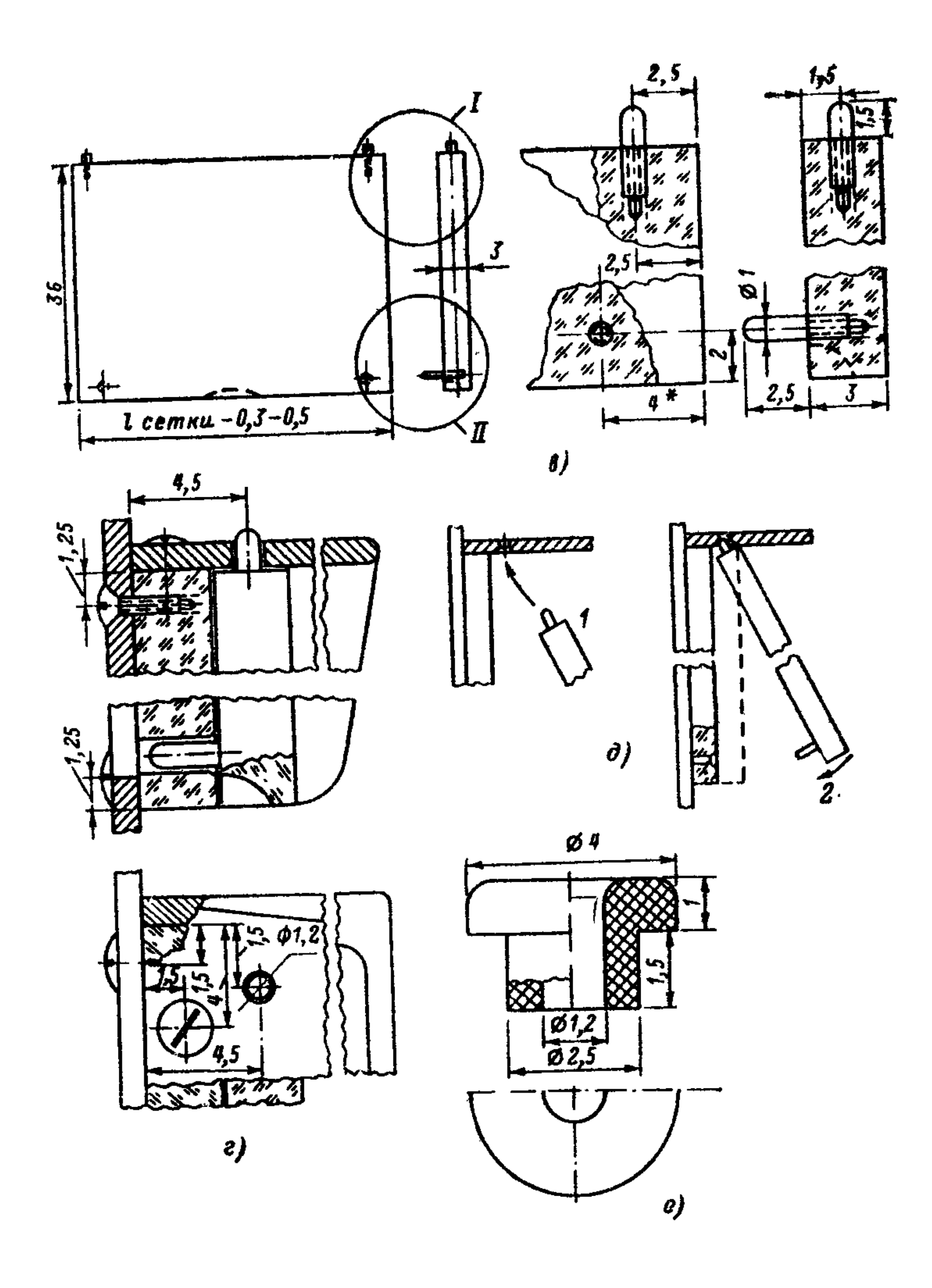


Рис. 39.

в — зеленый светофильтр; *г* — крепление козырька к масштабной сетке; крепление их на передней панели и положение вставленного светофильтра; *д* — последовательность установки фильтра; *е* — изоляционная втулка,

Таблица

Группа	Надписи на панели	Полное наименование	Обозначение на схеме
Потенциометры правого и левого блоков	*Д*	Длительность развертки	R_{87}
	Я	Яркость	R_{71}
	↔	Смещение по горизонтали	R_{67}
	X	Усиление горизонтальиого усилителя	R_{105}
	С	Синхронизация развертки	R_{57}
	Ф	Фокусировка	R_{69}
	↕	Смещение по вертикали	R_{65}
	Y	Усиление вертикального усилителя	R_8
Кнопки	*1, 2, 3, 4*	Поддиапазоны длительностей развертки	$П_3$
	КЛ	Коррекция лииейности развертки	R_{113}
	С+	Синхроиизация положительиым импульсом (фроитом)	$П_4$
	Ж Р	Ждущая развертка	$П_6$
	В X	Переключение горизоитального усилителя на внешний вход	$П_7$
	В С	Переключение усилителя синхронизации на внешний вход	$П_5$
	Z Z	Включение усилителя подсвета	$П_8$
	100 и 10	Ступени ослабления аттеиюаторов *X* и *Y*	$П_1$ и $П_2$
Гнезда	⟍⌐	Выход падающей пилы	—
	⟋⌙	Выход возрастающей пилы	—

Продолжение

Группа	Надписи на панели	Полное наименование	Обозначение на схеме
Гнезда	*ДУ*	Вход дистанциониого управления разверткой	—
	⊔	Выход отрицательного импульса обратного хода	—
	⊓	Выход положительиого импульса обратиого хода	—
	X	Вход усилителя горизоитального отклоиеиия	—
	Z	Вход усилителя подсвета	—
	0,1; 1; 10	Выходы калиброваиного напряжения в вольтах	—
	ВС	Вход внешней синхронизации	—
	Y	Вход усилителя вертикального отклоиении	—
	⊥	Корпус	—

2 *мм* (более густые мешают наблюдению и ие увеличивают точность измерений). Осевые линии и линии, кратные 10 *мм*, делают достаточно четкими, остальные — по возможности тоньше. Размеры сетки приведены на рис. 39, *б*. К боковым граням сетки прикрепляют четырьмя винтами М1 светозащитный козырек. Его делают из того же материала, что и панель. Обводку на его внешией стороие выполняют методом фотохимического травления одновремеино с панелью. По этой причине его развертка приведена на том же рисунке 39, *а*. На экране его вычерчивают на иекотором расстоянии от панели. Целесообразно вычертить на экране не один, а два или три козырька, так как точно согнуть его с первого раза ие всегда удается, а исправления портят внешиий вид прибора. Когда козырек согнут, тогда подгоняют длину пластины масштабной сетки. Для этого ее длина приведена на 0,5 *мм* более требуемой. Она должна плотно охватываться козырьком с трех сторон. После этого сверлят отверстия сначала в козырьке, а затем в сетке. Отверстия в ней сверлят не глубже чем на 2 *мм* и в них нарезают резьбу для винтов М1. В козырьке и сетке сверлят также по два дополнительных отверстия диаметром 1,2 *мм*, как показаио на рис. 39, *г*, где изображен козырек с сеткой в собранном виде. В эти отверстия входят штырьки зеленого светофильтра, изображенного на рис. 39, *в*. Делают его из органического стекла зеленого цвета

или из бесцветного, окрашиваемого затем в нитролаке. Длина готового фильтра должна на 0,5 *мм* быть меньше длины сетки. Через отверстия в сетке и козырьке отмечают места установки штырьков. Делают их из проволоки диаметром 1 *мм*. На ее конце нарезают резьбу М1 на длину 1,5—2 *мм* для завинчивания их в фильтр. Концы выступающих из фильтра штырьков закругляют. Отверстия для них на козырьке с внутренней стороны зенкуют.

Перед окончательной сборкой внутреннюю поверхность козырька закрашивают черной краской или лаком. Крепят сетку к передней панели четырьмя винтами М1. Резьбовые отверстия для них делают со стороны экрана трубки на глубину 2—2,5 *мм*, как это показано на рис. 39, *б*. Изоляционные втулки вытачивают из каких-либо пластиков темного цвета — эбонита или полистирола. Форма и размеры их показаны на рис. 39, *е*. На переднюю панель их приклеивают эпоксидным или другим клеем. Переднюю панель к каркасу прикрепляют шестью винтами М1, 4.

Настройка

Усиление транзисторов регламентируется только их группой. Разброс величин β в них достигает двух и более раз. Повышенное качество усилителей, работающих к тому же при высоких уровнях сигналов, требует довольно тщательной их настройки. В то же время достаточно плотный монтаж затрудняет проведение всей регулировки на уже смонтированных платах. Поэтому целесообразно налаживать каскады по постоянному току и предварительно регулировать работу узлов на развернутых схемах, а окончательно — после монтажа на плату.

Развернутую схему собирают из тех деталей, которые будут установлены в прибор. Исправность всех деталей должна быть перед сборкой макета проверена. Параметры транзисторов должны соответствовать указанной группе. Для пар транзисторов выходных каскадов необходимо соблюдать требование малой разницы в коэффициентах усиления (не более 10%). Наладку осциллографа начинают с блоков питания. Первым налаживают блок питания трубки. Это даст возможность в дальнейшем визуально проверять работу узлов непосредственно на трубке прибора. Вторым налаживают блок питания Однако все остальные узлы в развернутом виде следует налаживать при питании от других источников с требуемыми напряжениями и токами, а окончательно проверять от блока осциллографа.

После монтажа плат они должны быть тщательно проверены и очищены от загрязнения и пыли Особенно необходимо проверить правильность подключения электролитических конденсаторов. И все же не следует подавать питание на вновь смонтированную плату от преобразователя осциллографа. Такие меры предосторожности избавят любителя от ненужной работы по восстановлению преобразователя после случайных замыканий в схемах. При наладке осциллографа и его узлов необходимо пользоваться: электронным вольтметром с входным сопротивлением не менее 1 *Мом* и пределом измерения до 1 *кв*, например ВК7-6; универсальным электроизмерительным прибором, позволяющим измерять токи от единиц миллиампер до 1,5—2 *а* (контролировать токи при налаживании нужно непрерывно); осциллографом с достаточно широкой полосой пропускания (С1-5А); генератором импульсов с амплитудой сигнала от

1 до 5 *в* (Г5-8); генератором низкой частоты (Г3-2) и генератором высокой частоты с диапазоном частот не менее 10 *Мгц* (Г4-18А).

Наладка преобразователей напряжения и стабилизаторов. Наладку осциллографа начинают с преобразователя питания трубки. Работа этого узла может быть полностью налажена на развернутой схеме. Если базовые отводы обмотки *I* подключены правильно, то преобразователь должен сразу возбудиться и наладка его сведется к подбору сопротивления резистора R_{40}, который облегчает запуск схемы. Правильную работу транзисторов проверяют на осциллографе по одинаковой длительности полупериодов. Если поставлена задача создать прибор с минимальным потреблением, тогда необходимо подобрать диоды $Д_{15}$, $Д_{16}$ и $Д_{39}$, $Д_{40}$, при которых схема преобразователя потребляет минимальный ток. При этом возможна даже замена типов диодов, например, на Д223 или на Д18. Налаживание схемы питания трубки сводится к подбору питающего напряжения для второго анода путем подключения того или другого из отводов обмотки *III*. Во время этой операции на одну из пар пластин необходимо подать сигнал от *ЗГ*, чтобы видеть линию развертки.

Напряжение на трубке следует установить наименьшим, при котором получится удовлетворительная фокусировка при желаемой яркости развертки. Пределы регулировки яркости устанавливают подбором сопротивлений резисторов R_{70} и R_{72}. Окончательные их величины могут быть уточнены после полной наладки всего осциллографа. Снижение напряжения на втором аноде трубки увеличивает ее чувствительность, а следовательно, и чувствительность всего прибора в целом, но снижает яркость и ухудшает фокусировку. Если в повышенной чувствительности нет необходимости, то напряжение на втором аноде сильно снижать не следует. Однако при этом необходимо учесть, что повышение напряжения на втором аноде может потребовать увеличения амплитуды импульсов гашения обратного хода и подсвета. Если желаемая фокусировка получается только при максимальном напряжении второго анода, а амплитуды импульсов гашения и подсвета не достаточны, то транзисторы T_{25}, T_{44}, T_{45} следует питать непосредственно от выпрямителя положительного напряжения. Для этого на печатных платах предусмотрена возможность такого переключения: на плате *II* перемычку от контактной площадки C_{77} к положительной шине (14-я поперечная строка) срезают, а от контактной площадки шины +17 *в* (под резистором R_{122}) к точке соединения C_{77} с резисторами R_{122}, R_{125} делают перемычку. С выхода платы *II* напряжение +17 *в* подается на вход +10 *в* платы *III*. Проводник шины +10 *в* на этой плате между площадкой резистора R_{75} и перемычкой между сторонами (7-я поперечная строка) удаляют и напряжение +10 *в* подают на контактную площадку перемычки (на этом месте может быть поставлен штырек). При таком переключении следует заменить резисторы R_{73} на 4,7—5,1 *ком* и R_{12} на 6,3—6,8 *ком*.

Наладку преобразователя питания схемы начинают с проверки правильности включения базовой обмотки Tp_2. Ее также удобно сперва наладить на развернутой схеме блока питания (плата II). Собранные схемы выпрямителей и стабилизаторов проверяют под нагрузкой на эквиваленты, данные которых приведены в табл. 3. Первоначально нагрузки к выпрямителям подключают поочередно. При этом проверяют выходное напряжение и подбирают стабилитроны (допуск дан в таблице) и резисторы R_{31} и R_{32}.

Таблица

Напряжение, *в*	Допуск, *в*	Ток нагрузки, *ма*	Через что подключается	Сопротивление нагрузки и его мощность	Параллельная емкость, *мкф*	Примечания
+140	∓15	4,5	3,6 *ком*	27 *ком* и 1 *вт*	1	Все напряжения даны при $U_{бат}$ = =6 *в*, 500 *мкф* через 100 *ом* (для —8 *в*)
+70	±8	12	—	5,5 *ком* и 2 *вт*	—	
+10	±0,5	18	Дроссель	510 *ком* и 0,5 *вт*	30	
—8	±0,2	60	»	130 *ком* и 1 *вт*	50	

Перед проверкой запуска преобразователя под полной нагрузкой целесообразно для безопасности заменить в развернутой схеме переделанные транзисторы T_{14}, T_{17} на обычные. Подбором резистора R_{39} добиваются наиболее легкого запуска преобразователя под полной нагрузкой. После этого в схему вновь впаивают переделанные транзисторы и проводят двухчасовой прогон. Транзисторы при этом должны быть слегка теплыми При многократных повторных включениях, следующих одно за другим, преобразователь должен свободно запускаться. Следует также проверить работу преобразователя при напряжении питания 5 *в*. Выходные напряжения стабилизаторов не должны при этом резко падать, в противном случае необходимо уменьшить сопротивления резисторов R_{31} и R_{32}. Необходимо также при напряжении питания 6 *в* проверить запас мощности. Для этого к выпрямителю 70 *в* подключают дополнительные нагрузки (20 *ком* создают дополнительную нагрузку около 250 *мвт*). Запас должен быть примерно 200—500 *мвт*. Перенесенную на печатную плату схему подвергают тем же испытаниям. При этом положение ее должно быть вертикальным и расстояние ее от поверхности стола не менее 10 *мм*.

Настройка генератора развертки, усилителя горизонтального отклонения и усилителя гасящего импульса. Предварительная проверка и регулировка режимов по постоянному току и черновая настройка всех последующих схем, как и двух предыдущих, должны происходить на развернутых макетах. Специальные оговорки в дальнейшем будут только в тех случаях, когда окончательно подбирать элементы можно будет только после монтажа на плате.

Настройку генератора начинают в режиме непрерывной генерации. Проверяют устойчивость генерации во всех поддиапазонах и устанавливают перекрытие внутри их путем подбора сопротивлений резисторов R_{86} и R_{88}. Одновременно уточняют соотношение емкостей конденсаторов C_{51}—C_{54} и C_{47}—C_{50}. Оно должно лежать в пределах 8—12. Уменьшение соотношения менее 8 приводит к значительному увеличению длительности обратного хода, а увеличение более 12 начинает сказываться на амплитуде прямого хода. При выборе перекрытия в поддиапазоне следует помнить, что при его уменьшении ниже 20 требуется более тщательный подбор емкостей конденсаторов C_{51}—C_{54}, определяющих длительность прямого хода. К тому же при выбранном соотношении длительностей между под-

диапазонами, равном 10, пользование дистанционным управлением
развертки, при котором перекрытие внутри поддиапазона уменьша-
ется почти вдвое, становится затруднительным.

Начинают регулировать с четвертого поддиапазона, где уста-
навливают минимальную длительность прямого хода при допусти-
мом уменьшении амплитуды. Окончательную регулировку на этом
поддиапазоне производят при полностью собранном канале гори-
зонтального отклонения по видимой длине развертки. После налад-
ки генератора в непрерывном режиме его переключают в ждущий
режим и на базу транзистора T_{27} подают импульсы длительностью
1—2 *мксек* и определяют их минимальную амплитуду, при которой
происходит запуск генератора. Она должна быть не более 2—5 *в*.
При большей амплитуде следует уточнить сопротивления резисто-
ров R_{76} и R_{80}.

Настройку усилителя горизонтального отклонения луча начи-
нают с входного эмиттерного повторителя. Подбором резистора R_{106}
добиваются отсутствия большого скачка напряжения на эмиттерной
нагрузке (R_{105}) при подключении базы транзистора T_{35} к выходу ге-
нератора развертки. Настройку ведут при работе генератора в ав-
токолебательном режиме в средней части второго или третьего под-
диапазона. Предварительный усилитель и фазоинвертор регулиру-
ют одновременно. Вместо резисторов для коррекции линейности
развертки (потенциометр R_{113} и резисторы R_{109}—R_{112}; R_{132}—R_{135})
подключают потенциометр на 68—100 *ком* и им устанавливают ре-
жим усилителя. Указанные на схеме напряжения сняты при ампли-
туде сигналов на выходах фазоинвертора около 2 *в* в средней час-
ти второго поддиапазона. Максимальная амплитуда не искаженного
сигнала на выходах фазоинвертора должна быть около 5 *в*. Ем-
кость конденсатора C_{84}, шунтирующего эмиттерную нагрузку фазо-
инвертора, и индуктивность $Др_{11}$ устанавливают после наладки
всего усилителя по наименьшим искажениям на прямом ходе раз-
вертки во второй половине четвертого поддиапазона. Тогда же ори-
ентировочно определяют параметры цепочки коррекции линейности.
Окончательно все эти величины определяют только на полностью
смонтированной третьей плате. Регулировку выходного каскада на-
чинают с установки режима по постоянному току подбором сопро-
тивлений резисторов R_{91} и R_{96}. После предварительного их подбора
проверяют форму напряжений на выходе усилителя.

Примененная в осциллографе трубка 6ЛО1И очень чувстви-
тельна к симметрии отклоняющих напряжений. Отсюда вытекают
требования к высокой идентичности амплитуд выходных напряже-
ний, которой добиваются путем подбора сопротивления резистора
R_{99}, а на высоких частотах — емкостью конденсатора C_{64}, индуктив-
ности дросселя $Др_{11}$ и уточнением емкостей конденсаторов C_{57} и C_{60}
в цепях баз транзисторов T_{42} и T_{43}.

Ограничение сигнала в плечах выходного каскада должно на-
ступать одновременно и быть симметричным, для чего уточняют ре-
жим по постоянному току. К усилителю подключают горизонтально
отклоняющие пластины трубки и проверяют длину развертки на
экране. Если ограничение пилы в выходном каскаде наступает в пре-
делах экрана и поднять усиление каскада больше невозможно, то
необходимо снизить напряжение на втором аноде трубки переклю-
чением концов обмотки *III* трансформатора $Тр_3$.

Для проверки работы усилителя гасящего импульса на верти-
кально отклоняющие пластины подают сигнал от генератора низ-

кой частоты. При нормальной яркости (в затемненном помещении) обратный ход луча развертки на экране трубки не должен быть виден. В противном случае необходимо увеличить напряжение на коллекторе транзистора T_{25}.

Наладку усилителя горизонтального отклонения завершают определением нелинейности развертки и коэффициента растяжки. Нелинейность развертки характеризуется коэффициентом, который определяется по формуле $K_{нл}=100(N_н-N_к)/2N_с\%$, где N — число периодов, приходящееся на равные отрезки развертки в ее начале (н), конце (к) и середине (с). Измерять нужно следующим путем: развертку устанавливают на всю длину экрана (не менее 40 *мм*), на вертикально отклоняющие пластины подают переменное напряжение от внешнего генератора и частоту его устанавливают такой, чтобы на развертке было примерно 50 периодов (10 периодов на четыре деления сетки — 8 *мм*), после этого подсчитывают, сколько периодов приходится на те же четыре деления в начале и конце развертки. При хорошей линейности $K_{нл} \leqslant 5\%$ удовлетворительная линейность характеризуется $K_{нл} \leqslant 10 \div 12\%$. Допустима нелинейность до 20%, как, например, у промышленных осциллографов С1-3 и С1-9. На отдельных поддиапазонах, где создание линейности связано с большими техническими трудностями, допустима нелинейность до 40%. Коэффициент растяжки развертки находят по формуле $K_р=N_п/N_р$, где $N_п$ — число периодов на полной длине развертки, равной рабочей части экрана, а $N_р$ — число периодов той же частоты при полной растяжке. Измерение проводят следующим путем: на усилитель горизонтального отклонения подают полную амплитуду пилы от генератора развертки (потенциометр R_{105} полностью вводят), на вертикально отклоняющие пластины подается переменное напряжение от внешнего генератора и частоту его устанавливают такой, чтобы в рабочей части экрана (40 *мм*) укладывалось один — три полных периода ($N_р$), амплитуду пилы уменьшают до получения длины развертки, равной рабочей части экрана, и подсчитывают число периодов, которое в ней уложилось. Обычно этот коэффициент лежит в пределах 5—10. После этого снимают частотную характеристику усилителя. Амплитуду сигнала контролируют непосредственно по экрану трубки, величина изображения должна составлять половину рабочей части экрана, т. е. 20 *мм*.

Входной аттенюатор усилителя горизонтального отклонения собирают из резисторов с 5%-ным допуском, что позволяет в этом случае получить точность не ниже 12—15%. Если требуется большая точность, то резисторы должны быть подобраны с большей точностью. Деление на высокой частоте (компенсация делителя) может быть проверено по делению импульсных напряжений с помощью осциллографа [Л. 12, 16].

Настройка усилителя вертикального отклонения. Этот усилитель настраивают в том же порядке, что и усилитель горизонтального отклонения. Требования к этому усилителю предъявляются более жесткие, так как его качество во многом определяет и качество прибора в целом, поэтому настраивать его нужно очень тщательно. Настраивать нужно в несколько циклов, при каждом следующем цикле следует уточнять результаты предыдущей настройки. Настройку согласующего каскада начинают с проверки его режима. Устанавливают его резистором R_{11}. Изменение токового режима транзисторов каскада несколько влияет на входное со-

противление. Устанавливать его точно нужно для получения входного сопротивления каскада около 3 *Мом* (2,7—3,6 *Мом*). Устранение наводок на входные цепи (транзистор T_1 с конденсатором C_5 и резистором R_5) достигают помещением их в экран. В развернутом макете для этой цели подходит металлический корпус от батареи «Крона». Входное сопротивление измеряют на частоте 50—100 *гц*. Для соединения генератора со входом согласующего каскада нужен обязательно экранированный провод. В качестве индикатора используется осциллограф, подключаемый к выходу каскада. Сначала определяют, какая амплитуда сигнала передается без искажения — она должна быть не менее 2—3 *в*.

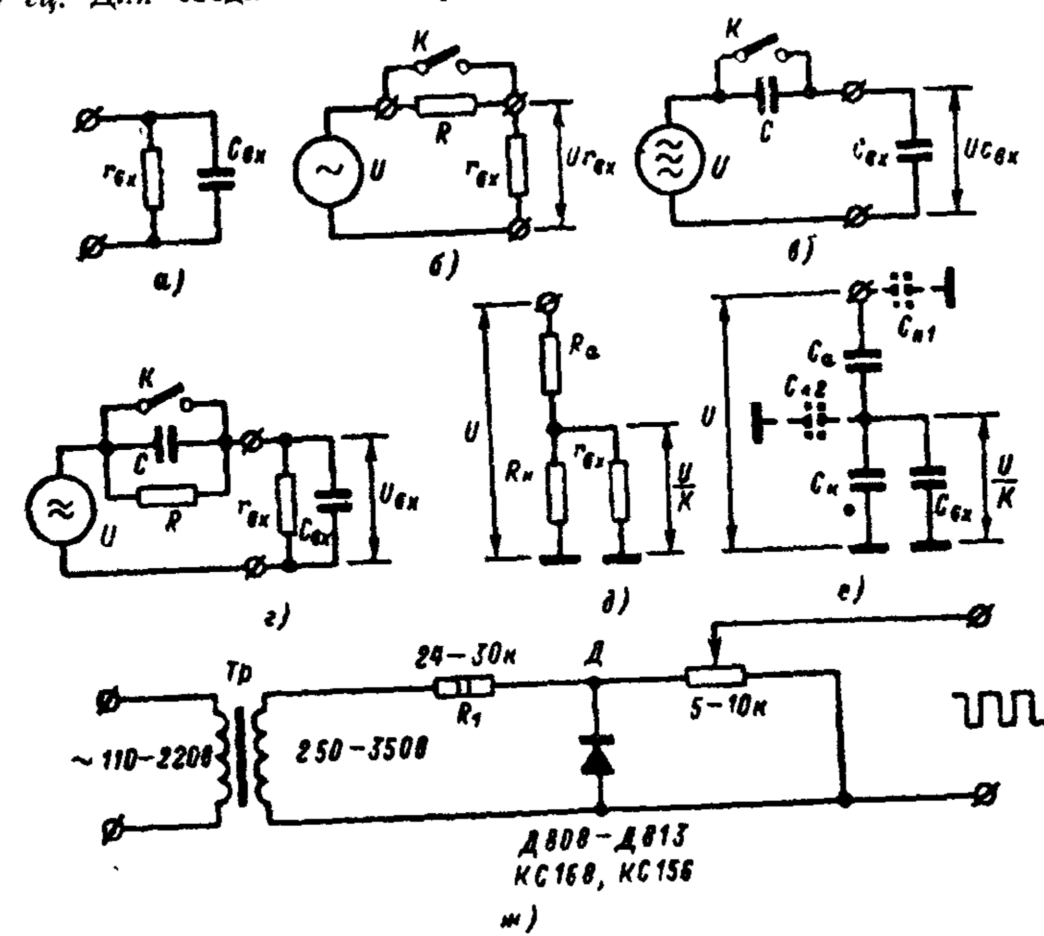


Рис. 40. Схемы для измерения входных сопротивлений и емкостей.

а — упрощенная схема входного сопротивления каскада; *б* — схема измерения входного сопротивления каскада на низкой частоте; *в* — схема измерения входной емкости на высокой частоте; *г* — схема измерения входной емкости на средней частоте; *д* — упрощенная схема аттенюатора при работе на низкой частоте; *е* — то же на высокой частоте; *ж* — схема формирования прямоугольных импульсов с частотой сети.

Упрощенная схема входного сопротивления каскада показана на рис. 40, *а*. На низкой частоте $1/\omega C_{вх} \gg r_{вх}$, поэтому измеренная величина будет с достаточной точностью близка к $r_{вх}$. Измерение проводят по методу одного прибора, схема его показана на рис. 40, *б*. Первоначально при замкнутом ключе K на вход каскада подается напряжение U, которое на осциллографе отмечают амплитудой a_1. После размыкания ключа K на входном сопротивлении $r_{вх}$ падение напряжения $U_{rвх}$ будет меньше U и на осциллографе оно отметит-

ся амплитудой a_2 и будет определяться как $U_{rвх}=a_2=r_{вх}U/(R$ $+r_{вх})=r_{вх}a_1/(R+r_{вх})$ или $r_{вх}=Ra_2/(a_1-a_2)$.

Как видно из формулы, при уменьшении амплитуды сигна вдвое от первоначальной $R=r_{вх}$. Для измерения берут резисто с 5%-ным допуском, сопротивлением 2—2,7 *Мом*. Амплитуда вхо ного сигнала не должна быть более половины от передаваемой б искажения. После установления требуемого режима каскада тра зистор T_1 с конденсатором C_5 и резистором R_5 необходимо смонт ровать на печатной плате *В* и поместить опять в тот же экра проложив с боков прокладки по 1,5 *мм*. Плату нужно расположи в середине широкой стороны корпуса «Кроны». В этом случае е кость с экраном примерно соответствует той, что будет при расп ложении платы в каркасе прибора.

Входную емкость каскада измеряют на частоте 1—2 *Мгц*. Т как при этом $r_{вх}\gg 1/\omega C_{вх}$, то измерения могут вестись по схе рис. 40, *в* Методика измерений такая же, как и для входного с противления. Входную емкость находят по формуле $C_{вх}=C(a_1$ $a_2)/a_2$, где C — включаемая в цепь известная емкость, a_1 и a_2 — а плитуды при замкнутом и разомкнутом ключе K. Конденсатор б рут керамический, емкостью 8,2—12 *пф* с допуском не ниже 5 Ключ K заменяют подпаиваемой перемычкой. Все соединения дол ны быть по возможности короткими, так как при малой величи $C_{вх}$ их емкость может внести значительные погрешности. Кро того, из-за них могут быть заметные на экране наводки. При нал чии наводок необходимо всю схему поместить в экран достаточны размеров.

Входную емкость можно измерять и на более низких частота (100—200 *кгц*). В этом случае необходимо пользоваться схемой рис. 40, *г*. Здесь величины $1/\omega C_{вх}$ и $r_{вх}$ соизмеримы и для получ ния более точного результата необходимо, чтобы $R=r_{вх}$, а при по боре C добиваться уменьшения амплитуды ровно в 2 раза. Тог полное сопротивление внешней цепи будет равно полному внутре нему сопротивлению каскада, следовательно, $C=C_{вх}$. При это следует учесть, что все приведенные выше рассуждения верны п малых выходных сопротивлениях генераторов. Это следует учит вать при их выборе.

Настройка предварительного каскада с инвертором и выходн го каскада по постоянному току и на низкой частоте аналогич описанной для усилителя горизонтального отклонения. Ее ведут частоте 1 000 *гц*. После настройки усилитель подключают к труб регулируемого осциллографа и всю дальнейшую наладку ведут у по изображению на его экране. На вход прибора подают прям угольное напряжение частотой 50 *гц*. Оно формируется из си соидального напряжения сети, снимаемого с трансформатора и ограничиваемого стабилитроном *Д*, как показано на рис. 40, Подбирая емкость конденсатора C_{10}, добиваются наиболее прави ного воспроизведения плоской части прямоугольных импульс Подбор ведут сменой отдельных экземпляров конденсатор 100 *мкф* на 15 *в* типа К50-6, из которых составлена емкость C Отклонение действительной емкости от номинальной у этих конде саторов составляет —20÷+80%, и их суммарная емкость мож достигать 600—700 *мкф*, тогда заменяют один или два из них конденсаторы меньшей емкости.

Полосу пропускания усилителя со стороны верхних частот страивают уточнением величины корректирующих элементов: инд

тивностей дросселей $Др_2$, $Др_3$ (и R_{24}) и $Др_6$—$Др_8$, конденсаторов C_{12}, C_{13}, C_{15}, C_{18} и C_{22}. При этом следует учесть, что емкости конденсаторов C_{12}, C_{13} и C_{18}, C_{22} влияют также на воспроизведение плоской вершины коротких прямоугольных импульсов. Начинать регулировку следует с уточнения их величин, для чего на вход усилителя подают от генератора импульсы длительностью 5—10 *мксек* и по воспроизведению вершины устанавливают их точную величину. Размер изображения импульсов на экране, как и амплитуды сигналов при дальнейших измерениях, не должен быть более 12—16 *мм*[1].

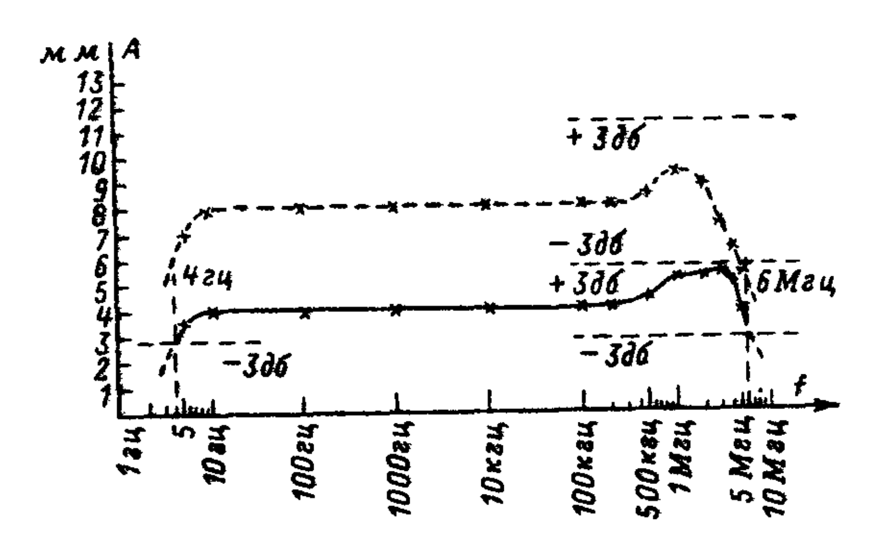


Рис. 41. Частотная характеристика усилителя вертикального отклонения *Y*.

После этого снимают частотную характеристику усилителя и уточняют остальные корректирующие элементы. Настройку целесообразно повторить 2—3 раза до получения желаемого результата. Все эти работы ведут уже на полностью смонтированной плате, так как уменьшение длины проводников и расстояний между деталями влияет на величину паразитных емкостей и может изменить полученные на макете результаты. По той же причине проводники, соединяющие смонтированную плату с переходными емкостями на плате VI, должны иметь длину и расстояние между собой примерно такие же, как и в приборе. Частотная характеристика усилителя показана на рис. 41. Штрихом изображена характеристика при большом сигнале.

Входной аттенюатор усилителя вертикального отклонения должен иметь точность деления не ниже 5%. Для получения этого входящие в него элементы должны быть подобраны с точностью до 1—2%. Для низкочастотного сигнала упрощенная схема аттенюатора изображена на рис. 40, *д*. На ней R_a обозначен входной резистор аттенюатора, $R_к$ — резистор, определяющий коэффициент деления K. Входное сопротивление каскада $r_{вх}$ всегда шунтирует $R_к$,

[1] При больших сигналах полоса усилителя в основном за счет выходного каскада несколько сужается. Происходит это вследствие увеличения времени рекомбинации неосновных носителей.

величина которого находится по формуле $R_к = R_а r_{вх} / [r_{вх}(k-1) - R_а]$ или $R_к \approx R_а/(k-2)$.

Вторым выражением можно пользоваться, если разница между $R_а$ и $r_{вх}$ не превышает ±20%. Упрощенная схема аттенюатора при работе на высокой частоте показана на рис. 40, *е*. Штрихом показаны паразитные емкости $C_{п1}$ и $C_{п2}$. Паразитная емкость $C_{п1}$ на коэффициент деления влияния не оказывает, она увеличивает входную емкость осциллографа. Емкость $C_{п2}$ подключена параллельно $C_{вх}$ и, следовательно, может оказывать влияние на коэффициент деления и должна учитываться. Емкость $C_к$ находится из выражения $C_к = C_а(k-1) - C_{вх} - C_{п2}$.

При малой емкости $C_а$ $C_{п2}$ может оказаться близкой ей по значению и при $K=10$ будет вносить ошибку до 10%. Для уменьшения влияния этой паразитной емкости ее следует измерить в положении переключателя, при котором $K=10$. Для этого делают черновую сборку переключателя $П_1$ и платы *А* с установленными на ней R_1 и C_1. Их помещают в экран (корпус от батареи «Крона», который для этого распаивают по шву). При нажатой кнопке *Б* в точке подключения C_3R_3 измеряют $C_{п2}$. Если для емкостей $C_к$ используют конденсаторы КТ-1, то внешнюю их обкладку, помеченную цветной точкой, следует паять к земле (помечена точкой на рис. 40, *е*). Для конденсатора $C_а$ того же типа вопрос решается в зависимости от требований. При аккуратном выполнении измерений, проведении монтажа и тщательном подборе элементов дальнейшей подгонки для пределов ослабления 100 и 1 000 аттенюатор не требует. Для предела $K=10$ емкость $C_к$ устанавливают на 1—2 *пф* меньше расчетной и проверяют деления по аттенюатору генератора или импульсным методом [Л. 12, 16].

Наладка усилителей синхронизации и подсвета *Z*. Эти усилители настраивают в обычном порядке. После проверки режимов по постоянному току на вход подают сигнал от звукового генератора частотой 1 *кгц* и амплитудой 50—100 *мв*. Подбором резисторов R_{48}, R_{50} и R_{53} добиваются максимального усиления транзистора T_{22} и симметричного ограничения транзисторами T_{23} и T_{24}. На их коллекторах сигнал должен приобретать прямоугольную форму при входном напряжении примерно 1 *мв*.

Режим усилителя подсвета устанавливают резистором R_{127}. Напряжение на эмиттере T_{44} должно быть около половины напряжения питания. Снимаемые с него импульсы должны создавать на развертке яркостные метки. Для проверки на вход *Y* и *Z* подают напряжение частотой в несколько килогерц. Полученное на экране изображение должно состоять из ярких положительных и затемненных отрицательных полуволн. Подсвет изображения должен начинаться с напряжения примерно 50 *мв*.

Работа с прибором

Правила, которые необходимо помнить при работе с транзисторным осциллографом, почти ничем не отличаются от работы с ламповыми. От работающего с таким прибором требуется несколько большее внимание при исследовании незнакомых схем, питаемых повышенными напряжениями, как, например, ламповых. Схемы усилителей вертикального и горизонтального отклонений специальной защиты от перегрузки не имеют, так как такие схемы

ухудшают частотные параметры входных цепей. Если руководствоваться некоторыми правилами, почти не усложняющими работу с прибором, то недопустимых перегрузок прибор получать не будет. Заключаются они в следующем: нельзя приступать к измерениям в новой схеме при нажатых кнопках аттенюаторов (при выдвинутых кнопках ослабление 1 000); не переходить к следующим ступеням ослабления, не убедившись, что усиление канала максимально (при наличии градуировочных меток это делается визуально); работать с ослаблением 1 только в действительно необходимых случаях и после проведения измерений немедленно вводить большее ослабление 10, 100 или 1 000; при работе с ламповыми схемами, имеющими питание больше 250 *в*, необходимо пользоваться выносным делителем. Его схема и конструкция даны на рис. 42.

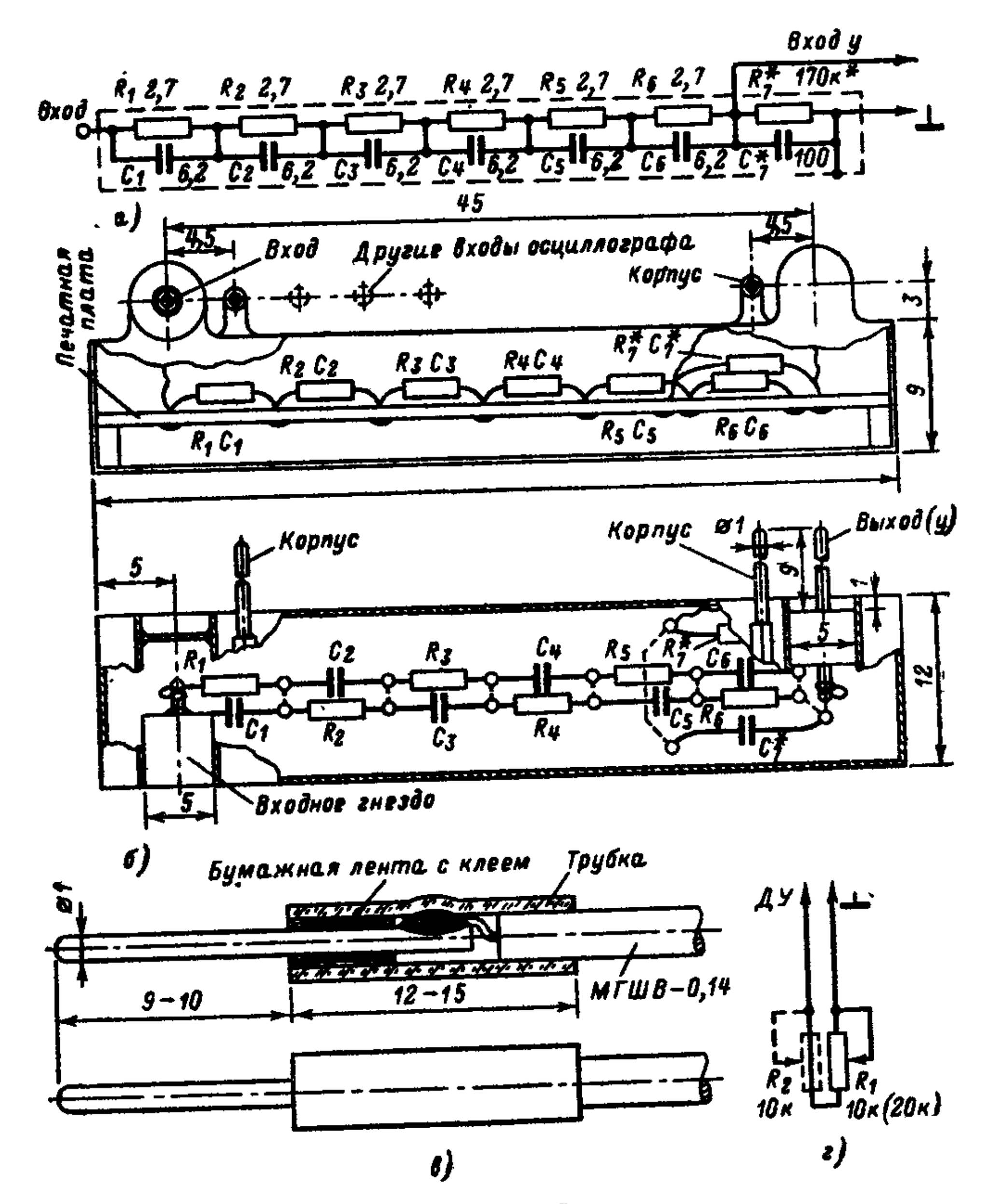


Рис. 42. Выносной делитель.

а — схема; *б* — конструкция; *в* — конструкция соединительного штеккера; *г* — схема дистанционного управления разверткой осциллографа.

Соединять прибор с исследуемыми схемами следует проводом МГШВ-0,14. Штеккеры для подключения берут от штепсельного разъема или изготовляют из медной (латунной) проволоки диаметром 1 *мм*. Отрезки ее длиной 17—18 *мм* припаивают к проводу. На место пайки надевают цветную трубку-изоляцию от провода МГШВ большего сечения. Конструкция такой вилки показана на рис. 42, *в*.

Дополнительные возможности прибора. К ним следует отнести дистанционное управление разверткой, очень удобное при работе с большой развернутой схемой, сигналы в разных точках которой

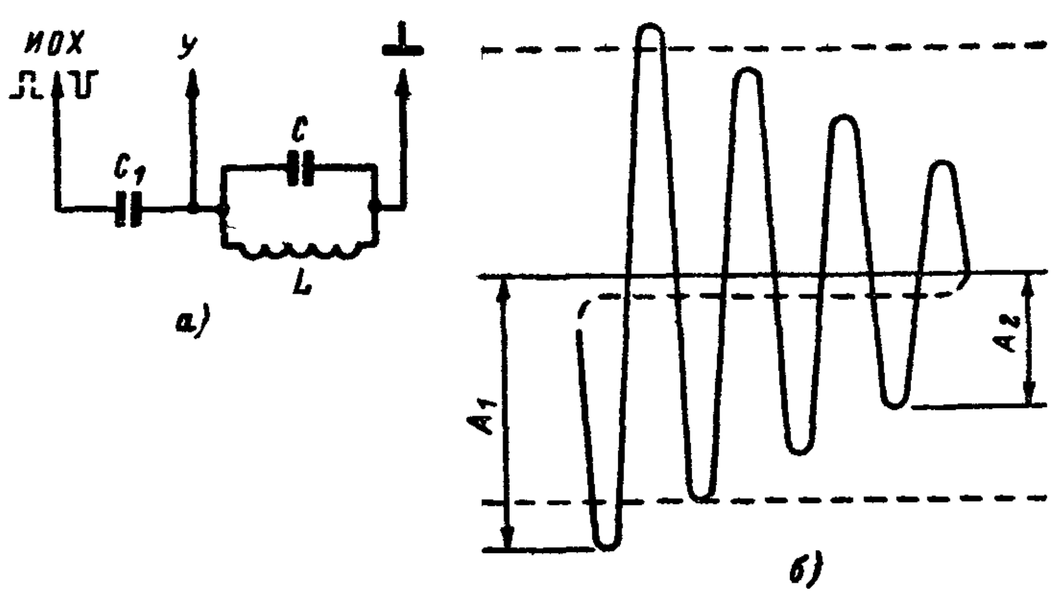


Рис. 43. Измерение параметров колебательного контура.

а — схема подключения контура для измерения добротности; *б* — осциллограмма при измерении.

могут иметь большую разницу в длительности и разную частоту. Разверткой управляют потенциометром R_1 на 10—20 *ком*, включенным, как показано на рис. 42, *г*, и укрепленным на щупе. Очень удобно пользоваться потенциометром, аналогичным по конструкции R_{113}, имеющим сопротивление 3—5 *ком* и включенным последовательно с дисковым потенциометром R_2 на 10—15 *ком* (показано на рис. 42, *г* штрихом), закрепленным на том же щупе. При предварительной настройке им и резистором R_{87} (длительность) устанавливают пределы изменения длительности развертки и дальнейшую работу ведут без подстройки ручками осциллографа.

Другие дополнительные возможности дают выдаваемые осциллографом импульсы обратного хода и напряжения пилы. Для примера следует привести схему измерения параметров колебательного контура [Л. 12]: добротности, полосы пропускания и резонансного сопротивления. Схема подключения контура к осциллографу показана на рис. 43, *а*. На контур *LC* через конденсатор небольшой емкости C_1 подают импульсы обратного хода отрицательной (или положительной) полярности, которые возбуждают контур, и он начинает «звенеть». Наблюдение ведут при непрерывной развертке и отключенной синхронизации (переключение на внешний вход). Напряжение с контура подают на вход *Y*. Возбуждение контура происходит при каждом обратном ходе, и на экране видно неподвижное

изображение затухающих колебаний в контуре, как показано на рис. 43, *б*. Скорость затухания характеризует добротность контура. Если подсчитать, за сколько периодов (*N*) амплитуда упадет вдвое, то можно определить добротность контура по формуле[1] $Q=N/0{,}22$.

Для случая, изображенного на рис. 43, *б*, $N=4$ и, следовательно, $Q=4/0{,}22=18{,}2$. На рабочей длине экрана (40 *мм*) можно подсчитать не более 40 периодов, поэтому так можно измерить добротность контуров только до 150—180. Для контуров с большей добротностью подсчитывают число периодов при уменьшении амплитуды до 0,8 от начальной, а расчет ведут по формуле $Q=N/0{,}071$.

Таким образом, можно измерить добротность более 500.

Зная частоту, на которую настроен контур и измерив его добротность, можно подсчитать ширину полосы пропускания $\Delta f=f_0 0{,}22/N$.

Зная индуктивность катушки или емкости конденсатора *C*, определяют резонансное сопротивление $R_{рез}=\omega LN/0{,}22=N/0{,}22\omega C$.

Возможности осциллографических исследований поистине безграничны, и желающим детально ознакомиться с возможностями этого прибора следует обратиться к литературным источникам, часть из которых приведена в перечне [Л. 12, 16, 17, 18, 19 и 33].

Глава третья

ЦИФРОВОЙ ВОЛЬТМЕТР ЦВТ-0,5

Характеристика и принцип работы

Проведение измерений цифровыми приборами более удобно, чем стрелочными. Наглядность, простота и безошибочность отсчета значительно облегчают проводимые исследования. Обычно с понятием «цифровой прибор» связывают не только представление о чрезвычайно высокой точности — сотые и тысячные доли процента, но и большие габариты. Описываемый цифровой вольтметр имеет сравнительно невысокую (для цифровых приборов) точность 0,5—1,5%, однако вполне достаточную не только для любительских, но и для подавляющего большинства технических целей

Он позволяет измерять постоянные напряжения от 50 *мв* до 1 000 *в*; измерять переменные напряжения НЧ от 0,5 до 1 000 *в*; подсчитывать импульсы от 0 до 200.

Основные характеристики вольтметра:

Пределы измерения:
постоянного напряжения — 1—10—100 *в* и 1 *кв*;
переменного напряжения — 10—100 *в* и 1 *кв*;
числа импульсов — 199.
Частотный диапазон:
для переменного напряжения 30 *гц* — 20 *кгц*;

[1] Формулы даны без учета шунтирования контура входным сопротивлением осциллографа и выходным сопротивлением импульсного каскада.

для счета импульсов 0—100 *кгц*.

Основная погрешность измерений:

постоянного напряжения на всех пределах ие более 0,5% от но минального значения шкалы[1];

переменного напряжения при нелинейных искажениях ие боле 1% в диапазоне частот 50 *гц*—10 *кгц* на всех пределах не превышае 1,5%, а для частот 30—45 *гц* и 10—20 *кгц* — около 2,5%;

числа импульсов составляет ±1 импульс.

Дополнительная погрешность:

при увеличении нелинейных искажений до 5% ие превышает 1—1,5%;

при изменеиии температуры окружающей среды в рабочем диапазоне 5—45 °C не превышает 2% иа каждые 10 °C. Проведение калибровки по встроенному источнику образцового напряжеиия при установившейся температуре окружающей среды полностью устраняет эту дополнительную погрешность на постоянном токе и снижает до 0,5% на каждые 10 °C для переменного тока.

Входное сопротивление:

На постоянном токе на пределе 1 *в* — 750 *ком*, на пределах 10 и 100 *в* — 130 *ком/в*, а на 1 *кв* — более 20 *Мом*;

на переменном токе на пределе 10 *в* — около 100 *ком*, на 100 *в* и 1*кв* — около 18 *ком/в*.

Прибор автоматически повторяет замер от 3 раз в секунду до 3 раз в минуту. Установка периодичности замеров, режимов и пределов измерения ручная. Прибор позволяет производить внеочередной пуск кнопкой или от специального щупа.

Питается прибор постоянным током; потребляемая мощность около 2,5 *вт*. Необходимые иапряжения и токи приведены в табл. 4. Пнтать прибор можно как от выпрямителя, так и от батарей. Варианты батарейного питания приведены в конце этой главы. Масса прибора 0,75 *кг*.

Таблица 4

Напряжение, *в*	—13,5	—12	—9	+1,5	+3,0
Допуск, *в*	+3,5 —1,5	±1,5	±1	±0,2	+0,2 —0,8
Токи, *ма*	70	70	55	50	75

Прибор построен по кодо-импульсному методу измереиия со счетно-импульсным способом преобразования [Л. 20]. Структурная схема прибора показана на рис. 44, *а*. При поступлении импульса от пускового устройства на ключ *К* импульсы от генератора *ГИ* начинают поступать иа счетчик импульсов *СИ*, который преобразует их в цифровой код [Л. 21]. Со счетчика код поступает на преобразователь код—напряжение *ПКН*, компенсирующее напряжение $U_к$, с которого подается на нуль-орган *НО*. С прнходом каждого нового импульса от *ГИ* на счетчик выходное напряжение *ПКН* изменяется иа $\Delta U_к$.

[1] На пределах 1 *в* и 1 *кв* для получения указанной точности необходнмо проведение дополнительной калибровки перед измерением, в противном случае точность будет не ниже 1%.

Процесс измерения поясняется на рис. 44, *б*. Он сводится к подсчету счетчиком *СИ* числа импульсов, необходимых для получения с *ПКН* напряжения $U_{к1}$. При этом нуль-орган *НО* вырабатывает импульс, запирающий ключ *К* и дальнейшее поступление импульсов на счетчик *СИ* прекращается. Зафиксированный счетчиком цифровой код преобразуется индикаторным устройством *ИУ* в видимое изображение — цифры. Отличие этого метода преобразования от широко распространенного время-импульсного состоит в том, что в данном случае не ставится жестких требований к стабильности периода и скважности счетных импульсов. Наоборот, жесткие требования ставят к стабильности величины ступеньки напряжения $\Delta U_к$=const. При услови, что напряжение срабатывания нуль-органа $U_{ср} \ll \Delta U_к$, погрешность измерения равна $\alpha \Delta U_к \leqslant \Delta U_к$, т. е. не больше ступени квантования. Если $n_{ном}$ — число дискретных ступеней $U_к$, соответствующее пределу измерения, то приведенная погрешность дискретности $\delta = \pm 100 \Delta U_к / U_{макс}$ (%) $= +100/n_{ном}$ (%).

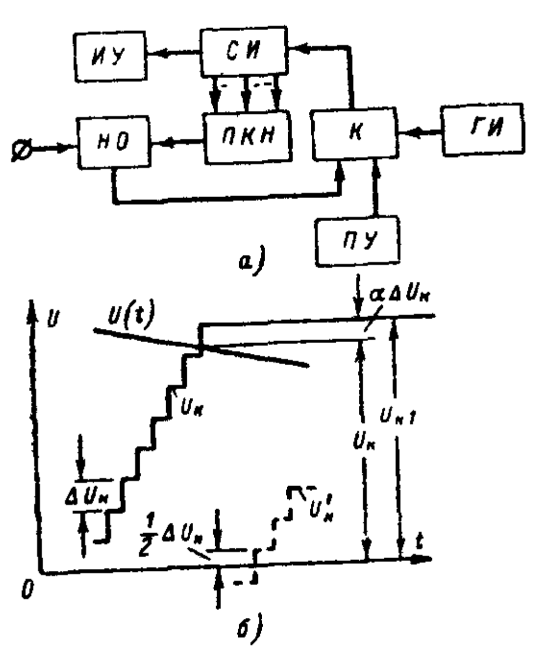


Рис. 44. Принцип действия приборов кодо-импульсного метода.

а — структурная схема прибора, основанного на счетно-импульсном способе преобразования; *б* — графическое изображение процесса компенсации измеряемого напряжения.

Отсюда следует, что число ступеней $n_{ном}$ выбирается в соответствии с требуемой точностью прибора. В случае соизмеримости величин $\Delta U_к$ и $U_{ср}$ предельная абсолютная погрешность равна $\pm(\Delta U_к + U_{ср})$, а приведенная запишется как $\delta = \pm 100(1 + U_{ср}/\Delta U_к)/n_{ном}$ (%).

Если сдвинуть порог срабатывания на величину $-\Delta U_к/2$ (на рис. 44, *б* показано штрихом), то относительная погрешность будет равна: $\delta = \pm 100(0{,}5\Delta U_к/U_{макс})$ (%) $= \pm 100/2n_{ном}$ (%).

В этом случае погрешность дискретности не превышает половины знака наименьшего метода отсчетного разряда. Основной недостаток счетно-импульсного метода заключается в относительно большем времени преобразования.

Основываясь на изложенном, число ступеней квантования для получения точности 0,5% выбрано равным 200. Реализовано оно как счет по «пятеркам», т. е. в младшем разряде используются только две цифры: 0 и 5, а два других разряда ведут счет полностью. Частота генератора импульсов выбрана около 6 *кгц*. Максимальное время измерения при этом составляет менее 40 *мсек*, что вполне приемлемо. С другой стороны, такая частота счета позволяет использовать дешевые низкочастотные транзисторы.

Структурная электрическая схема

Структурная электрическая схема вольтметра показаиа на рис. 45. Измеряемое напряжение подается на вход $-U_x$ (прибор измеряет отрнцательное по отношению к корпусу напряжение). Через переключатель пределов измерения оно поступает на нуль-орган. Если полярность напряжения не правильная, то с нуль-органа выдается сигнал на каскад сигнализацни неправильной полярности. Его срабатывание вызывает через каскад управления питанием матриц их обесточивание. Отсутствие питания иа матрнцах приводит к запиранию каскадов блока питания цифровых табло и высвеченные на них цифры гаснут. Указателем неправильной полярности служат высвечиваемые иа табло вертикальные линии (по две на каждом) при подаче на специальные входы матриц напряжения с каскада сигнализации иеправильной полярности. Получающийся рисунок весьма характерен и не может быть спутан с другим, тем более что при отключении поданного на вход напряжения цифры иа табло тотчас восстанавливаются. Правильная полярность на входе никаких немедленных изменеиий на табло не вызывает. При этом с нуль-органа сигиал подается на вход генератора счетных импульсов, но каскад блокировки удерживает его в запертом состоянии до момента поступления пускового нмпульса. Он вырабатывается пусковым устройством автоматически через установленные периоды времени либо при нажатии кнопки «пуск» или замыкании контактов на специальном щупе.

С пускового устройства импульс подается: на счетчик (сбрасывает его в нулевое положение); на каскад управления питанием матриц (вызывает погасание табло) и на каскад блокировки генератора счетных импульсов. При этом генератор разблокнруется и иачинает генернровать счетные импульсы, которые поступают на счетчик и и каскад блокировки по счету. Выходное напряжение этого каскада подается на каскад блокировки генератора счетных нмпульсов, удерживая его в запертом состоянии, пока работает генератор, и иа каскад управления питаннем матриц (удержнвает табло погашенными). Сигналы со счетчика поступают на преобразователь код-напряжение. Ступенчатое напряжение с его выхода подается на второй вход нуль-органа. В момент равенства этого напряжения с измеряемым нуль-орган прекращает подачу сигнала на генератор импульсов и он запирается. Каскад блокировки по счету перестаег удерживать блокировку генератора и каскад питания матриц в запертом состоянии. Подача напряжения иа матрицы приводит к отпиранию тех каскадов в блоке питания табло, которые соответствуют цифрам числа, зафиксированного в счетчике. На этом цикл измерения заканчивается. В случае неправильного выбора предела нзмерения (он меньше поданного напряжения) выработанное *ПКН* напряжение не может его скомпенсировать н генератор счетных импульсов будет все время работать. Цифровые табло при этом останутся погашенными, что и сигнализирует о малом пределе измерения. Встроенный источник образцового напряжеиия позволяет быстро проверить работу прибора и скомпенсировать температурный уход прн измененни внешних условий.

Принципиальная электрическая схема

Нуль-оргаи и входиые цепи. Прииципиальная схема прибора приведена на рис. 46. Сравнение измеряемого напряжеиия со ступенчатым напряжением *ПКН* происходит в нуль-органе, выполненном

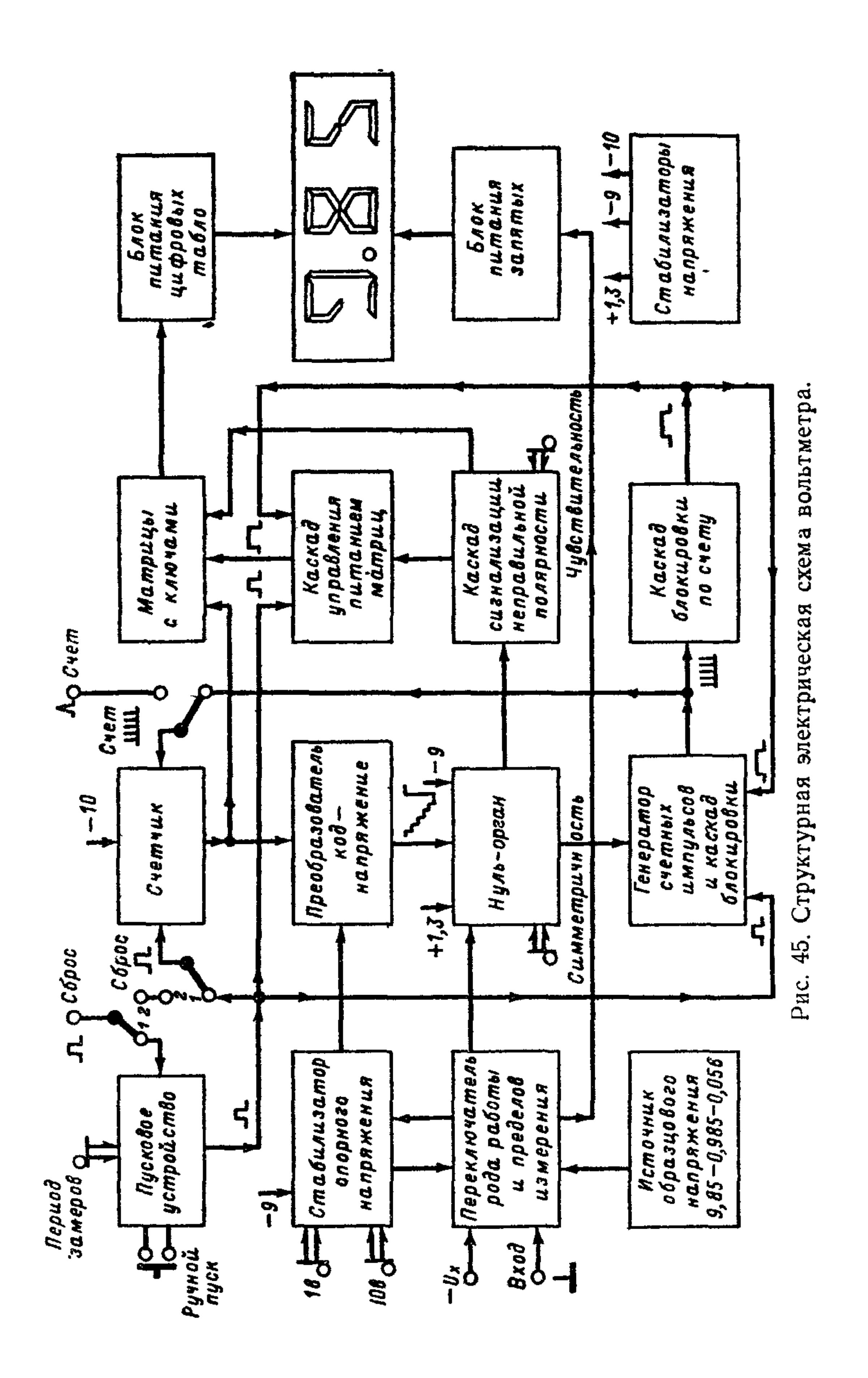


Рис. 45. Структурная электрическая схема вольтметра.

Рис. 46. Принципиальная электрическая схема вольтметра.

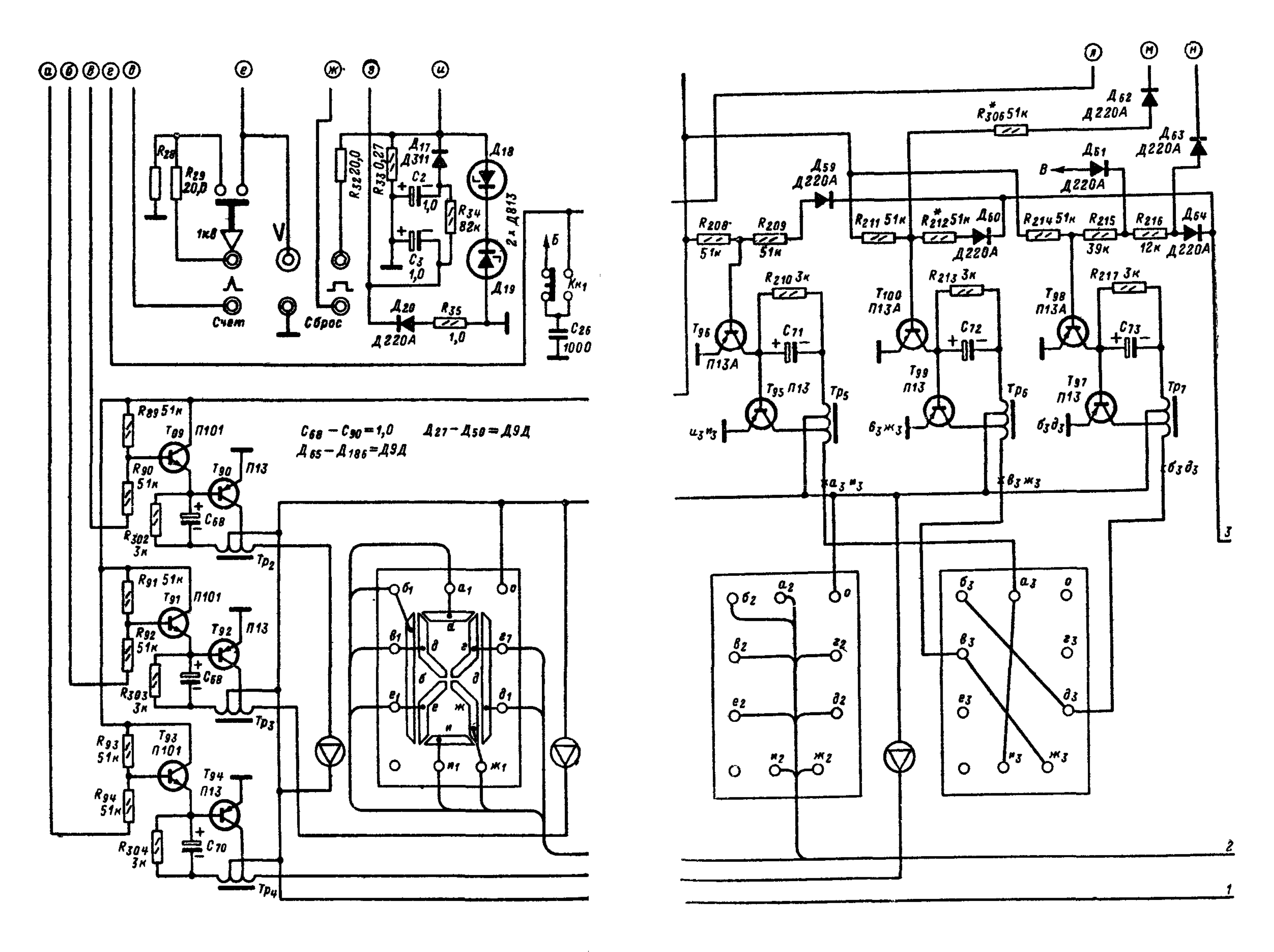


Рис. 46 (продолжение).

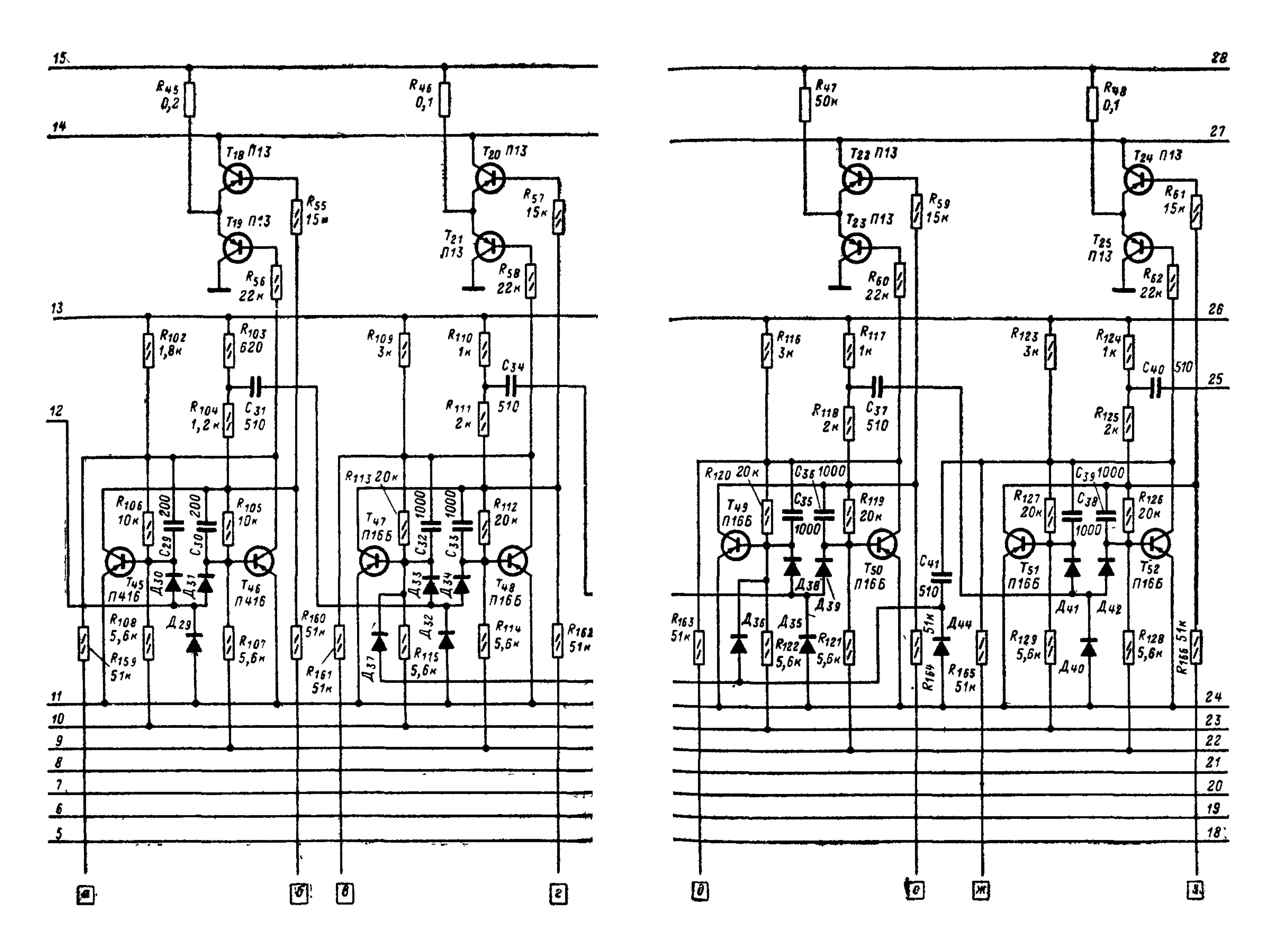


Рис. 46 (продолжение).

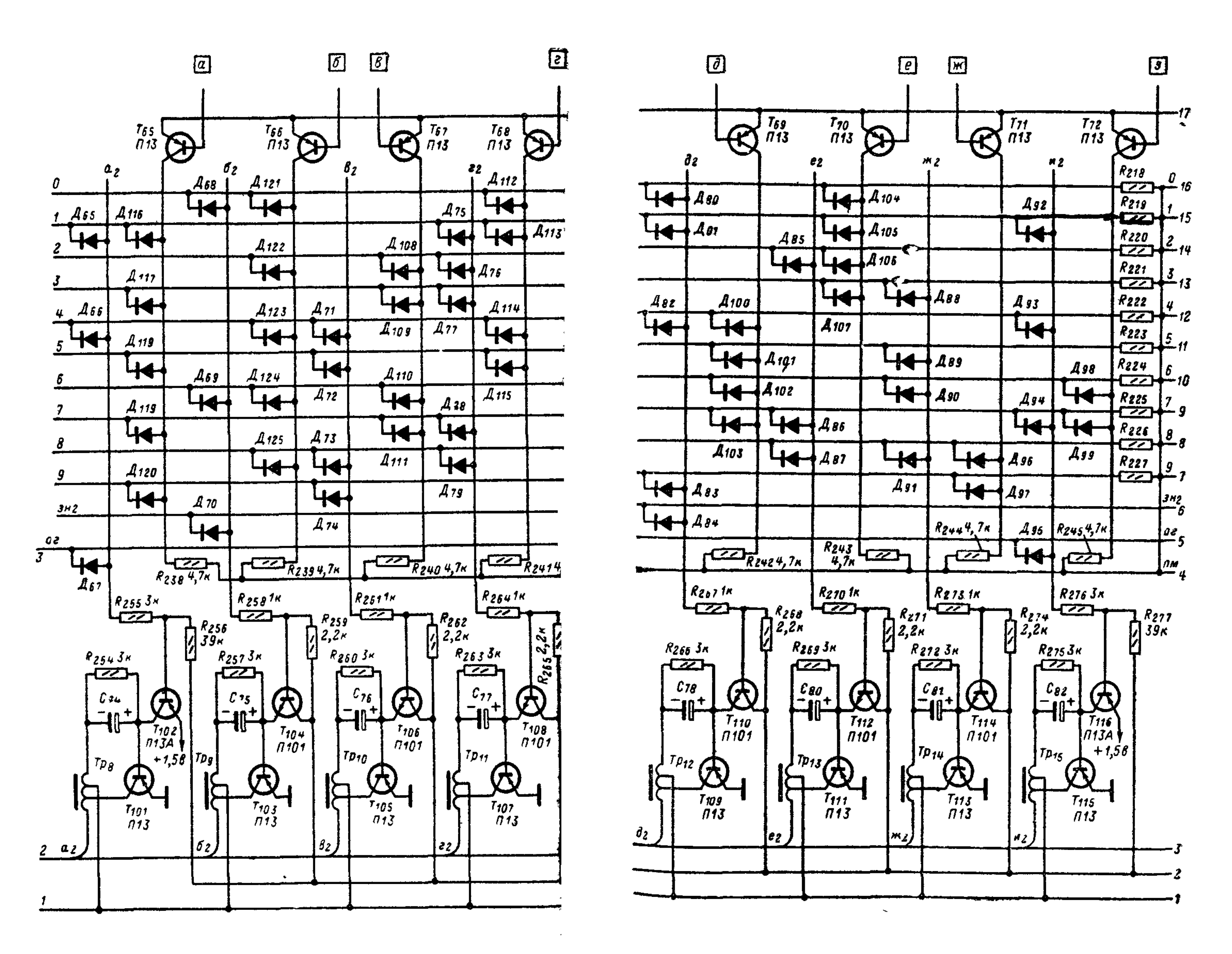


Рис. 46 (продолжение)

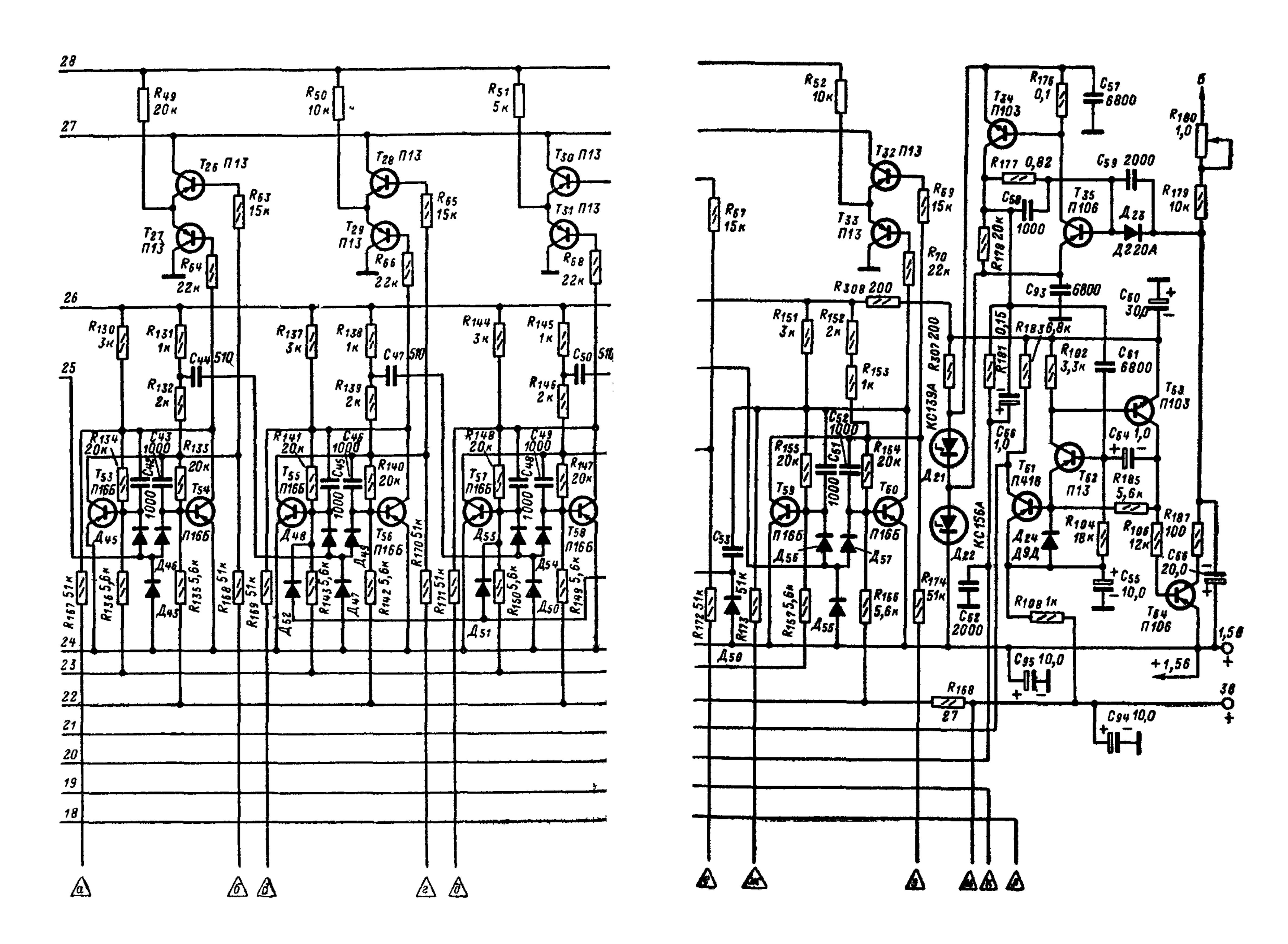


Рис 46 (продолжение)

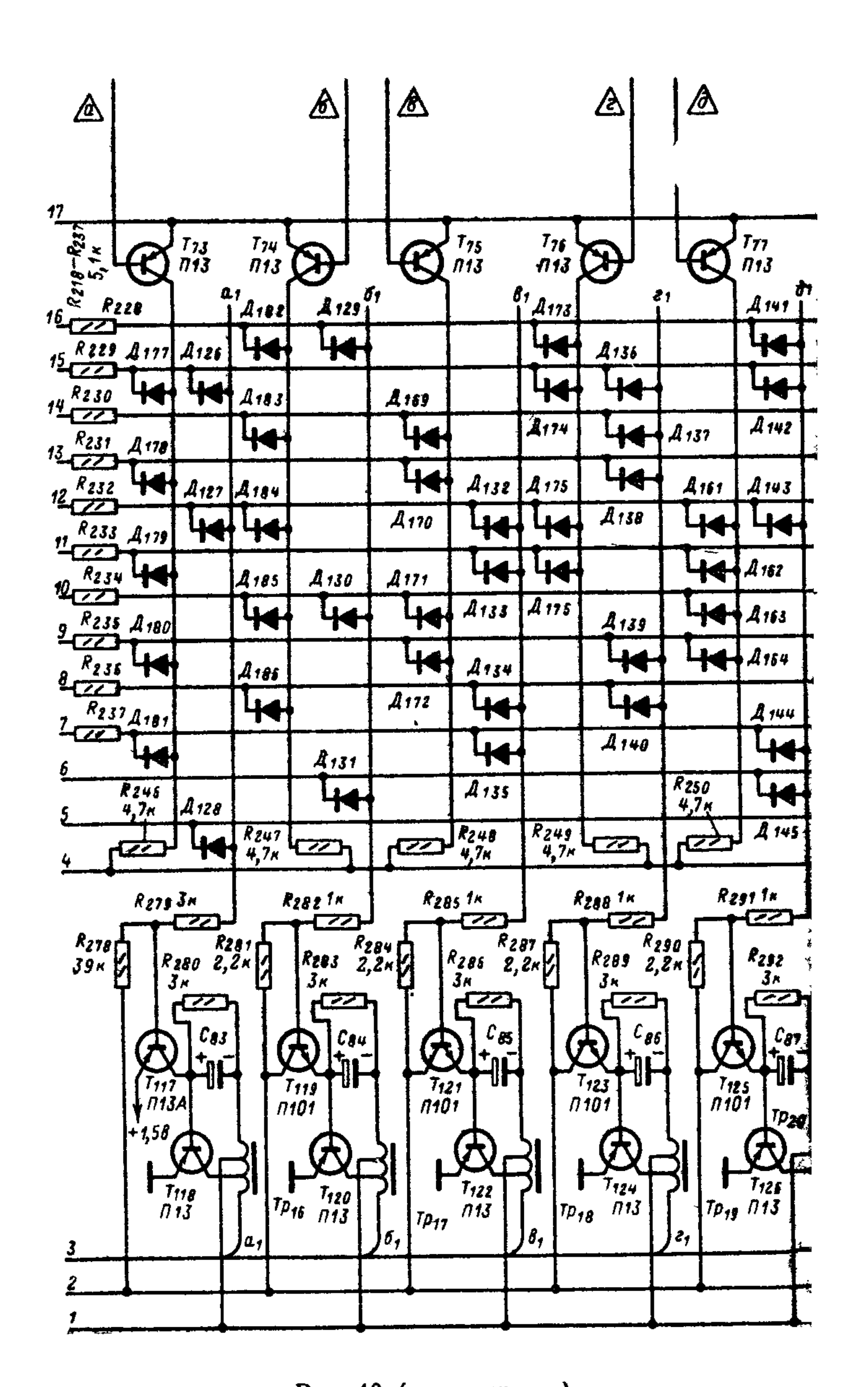


Рис. 46 (продолжение)

на транзисторах T_1—T_6 и T_{10}. Все транзисторы кремниевые П106, а транзистор T_3 — П101. На транзисторах T_1, T_2, T_5, T_6 и T_{10} собран дифференциальный усилитель постоянного тока [Л. 22]. Для увеличения входного сопротивления транзисторы в плечах усилителя выполнены составными. Уменьшение дрейфа усилителя достигнуто введением в эмиттерную цепь стабилизатора тока. Его функцию выполняет транзистор T_{10}, напряжение базы которого фиксируется кремниевым диодом $Д_7$ (Д220А). С этой же целью напряжения питания усилителя +1,3 *в* и —9 *в* стабилизированы электронными стабилизаторами на транзисторах T_7, T_8 (П13) и T_{11}, T_{12} (П10) и стабилитронах $Д_5$ (Д809) и $Д_6$ (Д811). Температурный дрейф этого усилителя в основном определяет нестабильность всего прибора в целом. Поэтому желательно, чтобы транзисторы T_1, T_2 и T_5, T_6 были подобраны более тщательно по температурным характеристикам $I_{ко}$ [Л. 23]. Балансируется усилитель потенциометром R_{36} в эмиттерной цепи транзисторов. Между коллекторными нагрузками транзисторов T_2 и T_5 включен транзистор T_4, который совместно с транзистором T_3 и диодом $Д_4$ (Д9Д) служит ключом.

Чувствительность нуль-органа менее 1 *мв*. Напряжения на его внешний вход (база транзистора T_1) подаются через входной аттенюатор, управляемый переключателем $П_1$. В начальный момент измеряемое отрицательное напряжение больше напряжения с *ПКН*, транзисторы T_3 и T_4 ключа отперты и генератор счетных импульсов может работать. При равенстве напряжения с *ПКН* измеряемые потенциалы коллекторов транзисторов T_2 и T_5 выравниваются, транзистор T_4 запирается и работа генератора счетных импульсов прекращается. Защита усилителя от случайных перегрузок выполнена на стабилитроне $Д_1$ (Д808). На пределе 1 *в* напряжение подается через резистор R_{25} мощностью 0,25 *вт*, что защищает усилитель до напряжения 50 *в*. На других пределах последовательно с резистором R_{25} включаются другие и допустимое напряжение перегрузки значительно возрастает. Так, на пределе 10 *в* постоянного тока оно достигает почти 500 *в*. Измеряемые напряжения более 100 *в* подаются на отдельные гнезда и поступают на вход прибора уже после деления до требуемой величины. Напряжение постоянного тока делится на резисторах R_{85} и R_{29} до величины 1 *в*. Этот делитель подключается ко входу прибора при вставлении штеккера в гнездо 1 *кв*. Напряжение 1 *кв* переменного тока подается на другое отдельное гнездо и делится на резисторах R_{32} и R_{33} до 10 *в*. При измерении переменных напряжений входные резисторы пределов с диодом $Д_{17}$, резистором R_{33} и конденсатором C_2 образуют диодно ключевой преобразователь напряжения [Л. 29]. Поэтому погрешность вольтметра не очень сильно зависит от формы измеряемого напряжения.

Перед поступлением на нуль-орган напряжение с преобразователя сглаживается фильтром $R_{34}C_3$ и ослабляется резистором R_{26}. От перегрузки преобразователь защищается стабилитронами $Д_{18}$, $Д_{19}$ (Д813), подключенными как двусторонний ограничитель. Переменные напряжения до 100 *в* подаются на тот же вход, что и постоянные. Род работы прибора переключают переключателем $П_2$.

Генератор счетных импульсов и каскад блокировки. Генератор собран по схеме блокинг-генератора на транзисторе T_{37} (П416). На транзисторе T_{38} (П15) выполнен буферный усилитель. С его коллекторной нагрузки положительные импульсы подаются на каскад блокировки по счету, а с части коллекторной нагрузки — на счетчик импульсов. Транзистор блокинг-генератора T_{37} в промежутках между

измерениями заперт поданным через резистор R_{73} и отпертый транзистор T_{36} (П104) положительным смещением +3 *в*. На этом транзисторе выполнен каскад блокировки генератора счетных импульсов. Его назначение — удерживать транзистор T_{37} в запертом состоянии после подачи на время-задающую цепочку $R_{71}R_{72}R_{73}C_5C_6C_7$ отрицательного напряжения с ключа нуль-органа (транзисторы T_3T_4) до момента прихода пускового импульса. Положительный пусковой импульс запирает транзистор T_{36}, и отрицательное смещение поступает на базу транзистора T_{37}. С этого момента блокинг-генератор начинает вырабатывать счетные импульсы. Их частота определяется параметрами цепочки $R_{71}R_{72}R_{73}C_7$. Для ускорения запирания транзистора T_{37} в момент запирания ключа нуль-органа резисторы R_{72} и R_{73} зашунтированы конденсаторами C_5 и C_6.

Каскад блокировки по счету выполнен на транзисторах T_{39} (П101) и T_{40} (П13). Транзисторы T_{39} и T_{40} нормально заперты нулевыми смещениями на их базах. При этом конденсатор C_{17} заряжен до напряжения питания. С приходом первого импульса от блокинг-генератора транзистор T_{39} отпирается и разряжает через себя конденсатор C_{17}. Через отпертый транзистор T_{39} на базу транзистора T_{40} подается отрицательное напряжение, и он отпирается. Напряжение на его коллекторе становится близким к +3 *в*, и транзистор T_{36} уже не может отпереться после окончания пускового импульса. В промежутках между импульсами блокинг-генератора транзистор T_{40} удерживается в отпертом состоянии током заряда конденсатора C_{17} до момента прекращения работы генератора счетных импульсов. При этом конденсатор C_{17} вновь полностью заряжается и транзистор T_{40} запирается. Напряжение на его коллекторе становится равным напряжению питания, транзистор T_{36} получает отрицательное смещение на базу и отпирается, шунтируя блокинг-генератор.

Счетчик импульсов состоит из девяти триггеров. Первый триггер на транзисторах T_{43} и T_{44} (П416) делит число входных импульсов на два. На остальных восьми триггерах собраны две декады, пересчитывающие на 100. Таким образом, весь счетчик считает до 200 импульсов (по заданному числу ступеней квантования). Пересчет на 10 в декадах достигается подачей обратной связи с четвертого триггера на второй и третий [Л. 21]. Все триггеры счетчика построены по одной схеме. Запускаются они положительным импульсом через диодные цепочки на базы транзисторов. Импульс для запуска следующего триггера снимается с части коллекторной нагрузки левого (по схеме) транзистора. Импульс обратной связи снимается со всей коллекторной нагрузки правых (по схеме) транзисторов в четвертых триггерах декад (T_{52} и T_{60}). Подаются они через конденсаторы C_{41} и C_{53} и диодные цепочки $Д_{36}$, $Д_{37}$, $Д_{44}$ и $Д_{51}$, $Д_{52}$, $Д_{58}$ на базе транзисторов T_{47} и T_{49} первой декады и T_{55} и T_{57} второй.

Для получения скорости счета не менее 100 *кгц* входной триггер первой декады (T_{45}, T_{46}), как и первый триггер счетчика (T_{43}, T_{44}), выполнен на высокочастотных транзисторах П416 и их коллекторные нагрузки выбраны меньшими, чем в остальных триггерах. Транзисторы остальных триггеров — типа П16Б. Для надежного запирания транзисторов ключей матрицы и *ПКН* эмиттеры транзисторов триггеров питаются от источника +1,5 *в*. Смещение на их базы подается от источника +3 *в*. Коллекторы транзисторов счетчика питаются напряжением —10 *в* от стабилизатора, собранного на транзисторе T_{41} (ГТ403А) и стабилитроне $Д_{11}$ (Д810). Сброс счетчика на «нуль» производится подачей на базы левых по схеме транзисторов через тран-

зистор T_{42} отрицательного потенциала. Транзистор T_{42} (П101) отпирается положительным пусковым импульсом и по его окончании запирается. Все левые транзисторы счетчика оказываются отпертыми, т. е. установленными в состояние «нуль».

Преобразователь код-напряжение и стабилизатор опорного напряжения построен по схеме параллельного делителя напряжения [Л. 20, 24]. Для выбранной схемы декады счетчика весовые значения сопротивлений составляют 2, 4, 2, 1. Для старшего десятичного разряда (первая декада) сопротивления резисторов имеют значения 10, 5, 10 и 20 *ком* (R_{52}, R_{51}, R_{50} и R_{49}), для второго десятичного разряда (вторая декада) сопротивления резисторов — 100, 50, 100 и 200 *ком* (R_{48}, R_{47}, R_{46} и R_{45}). Последний разряд *ПКН* может быть также представлен как десятичный (третья декада), но принимающий значения только либо 0, либо 5 (счет по «пятеркам»), т. е. его значения равны половине величины единицы второго разряда. Единица второго десятичного разряда набирается резистором 200 *ком*, следовательно, сопротивление резистора в третьем разряде равно 400 *ком* (R_{44}). Такого же сопротивления должен быть и не коммутируемый резистор R_{43}. Принято считать, что в разнообразии номиналов в данной схеме *ПКН* заключается ее недостаток. Преобразователь код-напряжение вольтметра можно построить и по другой схеме, приведенной на рис. 47, *а*. В ней в обеих декадах использован набор резисторов, как для первой в предыдущем случае, т. е. 10, 5, 10 и 20 *ком*. Между декадами включены добавочные резисторы по 18 *ком*. Оба резистора в третьей декаде по 4 *ком*. Возможность такого варианта предусмотрена на печатной плате: для установки резисторов по 18 *ком* имеются специальные контактные площадки. В этом случае печатные проводники между ними срезают. Резисторы эти показаны на рис. 50, *б* пунктиром.

Для получения прибором заданной точности резисторы для построения *ПКН* должны быть подобраны с достаточно высокой точностью. Определяют точность в основном первая и вторая декады. В работе К. А. Нетребенко [Л. 24] дается формула для оценки допусков по приведенной погрешности прибора: $|\Delta\mu| < {}^1/_4\beta + 0{,}1\beta_2 + 0{,}01\beta_3$, где β — максимальная относительная погрешность проводимостей в декадах. При условии, что отклонения от номинала имеют один знак, получаем максимальные величины отклонений для декад: $\beta_1 \leqslant 1\%$, $\beta_2 \leqslant 2\%$, $\beta_3 \leqslant 5\%$. При разнозначных отклонениях допуск уменьшается вдвое. Резисторы *ПКН* коммутируются двухпозиционными транзисторными ключами [Л. 25].

Схема одной декады *ПКН* показана на рис. 47, *б*. Достоинство такого ключа заключается в практическом отсутствии влияния неуправляемого тока $I_{к0}$ запертого транзистора на точность работы схемы, так как запертый транзистор всегда зашунтирован малым сопротивлением отпертого транзистора и малым выходным сопротивлением стабилизатора опорного напряжения. Относительная ошибка, вносимая ключом, не превышает 0,03%. Она практически не увеличивается в диапазоне температур ±60 °С. Ключи выполнены на транзисторах T_{16} — T_{33} (П13). Их базы через резисторы соединены с коллекторами соответствующих транзисторов. Поступившее на счетчик число импульсов определяет комбинацию состояний его триггеров (код), и в ключах отперты либо верхние (по схеме) транзисторы, либо нижние. Резисторы *ПКН* в зависимости от этого подключены либо к выходу стабилизатора опорного напряжения, либо к корпусу. На рис. 47, *б* показано состояние триггеров счетчика после поступления на него пяти импульсов. Триггеры условно показаны

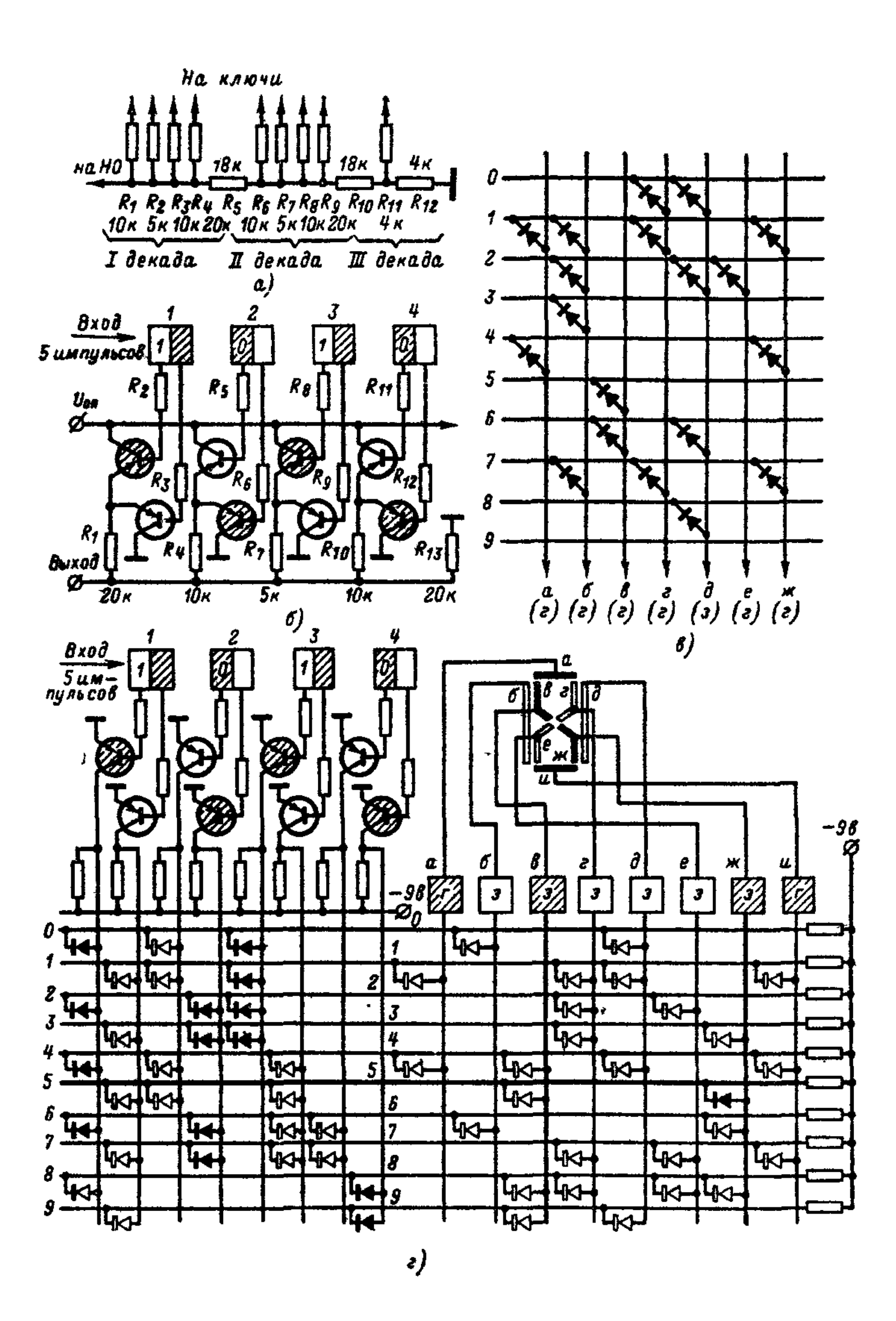


Рис. 47. Второй вариант схемы ПКН (*а*); ПКН для декады *1* (*б*); шифрующая матрица для 7-элементного табло (*в*); матрица для декады *1* с 8-элементным табло (*г*). Диод между шинами *б* и *в* (четвертый слева по шине *5*) открыт.

разделенными надвое квадратами. Заштрихованная половина квадрата — отпертый транзистор (низкий потенциал на выходе — 0), соответственно для *ПКН* заштрихованы отпертые транзисторы. Нетрудно видеть, что напряжение на выходе *ПКН* равно половине опорного:

$$R' = \frac{R_1 R_7}{R_1 + R_7}; \quad R'' = \frac{R_4 R_{10}}{R_4 + R_{10}}; \quad R''' = \frac{R'' R_{13}}{R'' + R_{13}};$$

$$U = \frac{R''' U_{\text{оп}}}{R' + R'''}.$$

Стабилизатор опорного напряжения собран на транзисторах T_{13} — T_{15} (П13) и T_{133} (КТ315) и стабилитронах $Д_2$ (КС156А) и $Д_3$. Транзистор T_{14} — регулирующий, T_{15} — усилитель обратной связи. Опорное напряжение на его эмиттер подается через составной эмиттерный повторитель на транзисторах T_{13} и T_{133}, имеющих разные типы проводимостей. Схема такого эмиттерного повторителя имеет высокое входное сопротивление, низкое выходное и хорошую температурную стабильность. Напряжения на его вход снимаются с потенциометров R_1 или R_3. Питание потенциометров стабилизировано стабилитроном $Д_2$. Этими потенциометрами устанавливают опорные напряжения на разных пределах измерения R_1 — для пределов 1 *в* и 1 *кв* постоянного тока, R_3 — для 10—100 *в* постоянного и всех пределов переменного тока. Для снижения температурного ухода стабилизатора последовательно со стабилитроном включен в прямом направлении стабилитрон $Д_3$ (Д810) [Л 26].

Диодные матрицы и ключи. Зафиксированное счетчиком число импульсов (код) в изображения цифр на табло преобразовывается диодными матричными дешифраторами и шифраторами [Л. 21, 27]. Их схема для одной декады показана на рис. 47, *г*. Для уменьшения нагрузки на транзисторы триггеров счетчика напряжения на дешифратор подаются через транзисторные ключи. Первоначально дешифруется двоично-десятичный код счетчика в десятичный код, осуществляемый диодной дешифрующей матрицей, состоящей из 30 диодов (левая матрица на рис. 47, *г*). Для пояснения ее работы счетчик изображен в состоянии фиксации пяти импульсов. Все отпертые диоды изображены черными, запертые — белыми. Нетрудно видеть, что все горизонтальные шины, кроме шины *5*, соединены с «корпусом» через низкое сопротивление отпертых диодов и транзисторов ключей. Диоды же, подключенные к шине *5*, заперты и она находится под высоким потенциалом, что и служит указателем числа зафиксированных счетчиком импульсов. Если в счетчик поступит еще один импульс, т. е. шестой, то стояние изменяет первый и второй триггеры и под высоким потенциалом окажется шина *6*, и т. д.

На люминесцентных табло цифры формируются из отдельных светящихся элементов. Существует несколько разновидностей цифровых табло, в которых применяют различное расположение и число элементов. Наибольшее распространение получили семи- и восьмиэлементные табло. Для высвечивания на нем требуемой цифры необходимо возбудить определенные элементы. Происходит это подачей отрицательного смещения на генераторы питания элементов табло. Для этого используется шифрирующая диодная матрица. Через ее диоды отрицательное напряжение с шины, находящейся под высоким потенциалом, поступает на генераторы, которые питают элементы

Таблица 5

Наименование элементов															
	а	*б*	*в*	*г*	*д*	*е*	*ж*	*и*	*а*	*б*	*в*	*г*	*д*	*е*	*ж*
0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
2	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
3	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1
4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
5	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1
6	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
7	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
8	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
Сумма операций	8	2	4	5	4	3	4	7	8	6	8	7	4	9	7
Экономичные операции	Г	З	З	—	З	З	З	Г	Г	Г	Г	Г	З	Г	Г
Количество диодов	2	2	4	5	4	3	4	3	2	4	2	3	4	1	3

формирующие данную цифру. На рис. 47, *г* на табло показано формирование цифры *5*. Работающие генераторы показаны заштрихованными квадратами. Хотя на генераторы, питающие элементы табло *а* и *и*, напряжения не поданы, они изображены работающими. Ошибки в данном случае нет. В табл. 5 показано формирование на семи- и восьмиэлементных табло всех цифр от 0 до 9. Из таблицы видно, что эти два элемента не участвуют в формировании цифры *1* и *4*, а элемент *и* еще и *7*.

Если идти только по пути возбуждения генераторов при подаче напряжения, то для этих двух элементов необходимо установить в матрицу 15 диодов. Очевидно, более целесообразно в цифрах, где эти элементы не требуются, их гасить (поэтому генераторы на рис. 47, *г* помечены внутри квадрата буквами *з* — зажигание и *г* — гашение). Таким образом, шифрирующая матрица имеет 27 диодов вместо 37 при прямом шифровании. Еще больший выигрыш получается при семиэлементном табло. Шифрирующая матрица для него,

построенная по этому принципу, показана на рис. 47, *в*. В ней требуется только 19 диодов (вместо 49 при прямом способе шифрования). Кроме значительной экономии в деталях, этот способ незаменим в малогабаритных приборах, где каждая единица объема буквально «ценится на вес золота». Подробно подобные методы построения матриц рассмотрены в работе В. В Образцова [Л. 27].

В схеме вольтметра ключи выполнены на транзисторах T_{65} — T_{80} (П13). Все диоды матриц первой и второй декад типа Д9Д. В третьей декаде матрица содержит всего два диода для управления цифрами и необходимость в ключах отсутствует. В матрице этой декады применены кремниевые диоды Д220.

Для устранения засветки табло в момент проведения измерения, а также для исключения наводок на измерительную схему от работающих генераторов блока питания табло все их на это время обесточивают снятием питания с матриц. Для выключения генераторов, питающих элементы *а* и *и*, и всех элементов в табло третьей декады, в матрицах предусмотрены специальные шины ОГ (общее гашение), на которые в это время подается отрицательный потенциал с каскада управления их питанием. Шины ЗН (знак) в матрицах служат для подачи напряжения на генераторы, питающие на табло элементы *б* и *д*. На эти шины высокий потенциал поступает с каскада сигнализации неправильной полярности.

Сигнализатор неправильной полярности и каскад управления питанием матриц. Каскад сигнализации неправильной полярности представляет собой усилитель с непосредственными связями (рис. 46). Выполнен он на транзисторах T_9, T_{81} — T_{84}. Первый каскад усилителя на транзисторе T_9 (П106) служит фазоинвертором. Его база через резистор R_{31} подключена к эмиттеру входного транзистора T_1 нуль-органа. Коллектор транзистора T_9 через диод $Д_{25}$ (Д220А) соединен с базой транзистора T_{81} (П106). Эмиттер транзистора T_{81} смещен отрицательным напряжением с делителя R_{191}, R_{192} и R_{193}. Смещение на эмиттере транзистора T_{81} в некоторых пределах можно регулировать потенциометром R_{193}, что и определяет чувствительность каскада.

Поданное на вход прибора даже небольшое положительное напряжение усиливается транзистором T_9, и его коллектор становится более отрицательным, чем при нулевом уровне. При этом отпираются диод $Д_{25}$ и транзистор T_{81}. Сигнал с его коллектора поступает на базу транзистора T_{82} (П103), и он отпирается, вызывая в свою очередь отпирание ключей на транзисторах T_{83} (П13) и T_{84} (П9). С этих ключей сигнал поступает на шины ЗН матриц, вызывая высвечивание на табло вертикальных полос и на каскад управления питанием матриц. Этот каскад собран на четырех транзисторах T_{85} — T_{88}. На составном транзисторе T_{36} (П101) и T_{87} (П9) выполнен ключ, через который подается напряжение для питания матриц и ключей (транзисторы T_{65} — T_{80}). База транзистора T_{86} через резисторы R_{202} R_{203} соединена с коллектором T_{64}. Его нагрузка (R_{199} и R_{200}) соединена с +3 *в* и при отсутствии сигналов транзистор T_{87} находится в насыщенном состоянии. Напряжение с шины —9 *в* беспрепятственно проходит на матрицы. Когда на вход прибора подается положительное напряжение, транзистор T_{84} насыщается и база транзистора T_{86} оказывается соединенной с шиной —9 *в* и ключ T_{87} запирается, прекращая подачу питания на матрицы. Такую же функцию выполняет транзистор T_{85} (П101), коллектор которого подключен между резисторами R_{202} и R_{203}. На базу этого транзистора через схему ИЛИ на диодах $Д_9$ и $Д_{10}$ (Д9Д) подается пусковой импульс и сигнал с каскада блокировки по счету. Оба они отпирают транзистор T_{85}, вызывая погасание табло на время счета импульсов. Цепочка $R_{189}C_{65}$ несколько задерживает момент включения табло после окончания счета до полной блокировки генератора счетных импульсов. На транзисторе T_{88} (П13) собран ключ, подающий напряжение на шины ОГ в матрицах для гашения на табло элементов *а* и *и*.

Блоки питания цифровых табло и запятых собраны из 22 одинаковых блокинг-генераторов, работающих в автоколебательном режиме. В генераторе применено автотрансформаторное включение обмоток, т. е. все они соединены последовательно. Это несколько повышает амплитуду высоковольтного сигнала благодаря коллекторной части обмотки. Все транзисторы в блокинг-генераторах типа П13. Генераторы управляются через вторые транзисторы, которые в отпертом состоянии шунтируют базу транзистора блокинг-генератора и вызывают его запирание. Во всех генераторах, которые должны генерировать при подаче отрицательного потенциала с диодной матрицы, в качестве шунтирующих работают транзисторы (П101—П103), имеющие *n-p-n*-проводимость. А в генераторах, которые при подаче отрицательного потенциала должны прекращать генерацию, шунтирующими работают транзисторы П104 — 105, имеющие *р-n-р*-проводимость. В этих цепях могут работать и транзисторы П13. Для управления запятыми напряжение подается через переключатель пределов.

Пусковое устройство выполнено на транзисторах T_{34}, T_{36} и T_{61} — T_{64}. В него входят: компаратор уровня на транзисторах T_{34} (П103) и T_{35} (П106) и кремниевом диоде $Д_{23}$ (Д220А). Это — усилитель на транзисторах разных проводимостей, охваченный положительной обратной связью через цепочку $R_{177}C_{58}$, питается он от делителя на стабилитронах $Д_{21}$, $Д_{22}$ и резисторе R_{307}; одновибратор на транзисторах T_{62} (П13) и T_{63} (П103); разрядный транзистор T_{64} (П106); выходной каскад на транзисторе T_{61} (П416).

Работа устройства протекает следующим образом. При включении питания конденсатор C_{56} начинает заряжаться через резистор R_{179} и потенциометр R_{180} Когда напряжение на нем достигнет потенциала отпирания диода $Д_{23}$, он начнет проводить и транзисторы компаратора скачком переходят в отпертое состояние. Отрицательный импульс с коллектора T_{34} через конденсатор C_{61} запускает одновибратор. Связанный с коллектором транзистора T_{63} транзистор T_{64} отопрется, конденсатор C_{56} разрядится и весь процесс начнется сначала. При срабатывании одновибратора отпирается и выходной транзистор T_{61}, формируя положительный пусковой импульс с достаточно крутыми фронтами. Запускаться одновибратор может и внешними отрицательными импульсами, получаемыми при разряде конденсатора C_{25} нажатием на кнопку «пуск» или конденсатора C_1 при замыкании на корпус контактов в специальном щупе (дистанционное управление).

Источник образцового напряжения выполнен по схеме двухкаскадного параметрического стабилизатора напряжения с термокомпенсацией [Л. 26]. На стабилитроне $Д_{12}$ (Д811) с напряжением стабилизации 10,5—11 *в* собран первый каскад стабилизатора. Второй каскад выполнен на стабилитроне $Д_{13}$ (Д808) с напряжением стабилизации 8,0—8,3 *в* и стабилитронах $Д_{14}$—$Д_{16}$ (Д810—Д813). Диоды $Д_{14}$—$Д_{16}$ включены в прямом направлении и служат для термокомпенсации. Напряжение со стабилизатора делится на резисторах R_{20}—R_{23} до 9,8±0,05 *в*; 0,98±0,005 *в* и 0,05±0,01 *в* (табл. 6). Эти напряжения подаются через переключатель рода работы и пре-

Род измерений	Предел, *в*	Обозначение на схеме	Суммарная величина, *ком*	Номиналы резисторов по мощностям, *вт*				Примечания
				1	0,5	0,25	0,125	
Постоянный ток	1	R_{25}	82	—	—	82 *к*	—	Пределы устанавливаются опорным напряжением
	10	R_{18}	680	—	—	680 *к*	—	
	100	R_{16}	12 800	—	4,7	1,8+1,8+ +1,5+2,7	330**к*	—
	1000	R_{29}	25 300	10,0	5,1+5,1+ +5,1	—	—	R_{28}=22*к*+3*к**
Переменный ток	10	R_9	10	—	—	—	10**к*+0,0*	—
	100	R_8	1 790	—	—	—	1,5+220*к*+ +68**к*	—
	1000	R_{32}	20 000	10,0	5,1	2,7+2,2*	0,0*	—
Образцовое напряжение	—	R_{20}	0—0,2	—	—	—	100+20	Подбирается для получения 9,80 *в*
	9,8	R_{21}	8,631	—	—	—	8,2*к*+430**	
	0,98	R_{22}	0,910	—	—	—	910	*К*=10±1%
	0,05	R_{23}	0,049	—	—	—	47 (51)	*К*=197±10%

* Подбирается после полного монтажа. ** Подбирается для получения *К*=10±1%.

делов измерения на вход прибора для калибровки. Для проверки прибора во всем диапазоне рабочих температур (5—45° С) уход напряжения на выходе стабилизатора не должен превышать ±1*мв*/1° С. В этом случае стабильность напряжения при изменении температуры на ±20° от средней температуры ±25° С около ±0,2%, что вполне приемлемо.

Конструкция

Детали. Марки всех полупроводниковых приборов даны в тексте, заменять их можно аналогичными. К основной массе транзисторов специальных требований не предъявляется, коэффициенты усиления по току для всех приборов лежат в основном у нижней границы, оговоренных в ТУ. Исключение составляют только транзисторы дифференциального усилителя нуль-органа. Для них коэффициенты усиления должны быть примерно 25—30. К тому же, как указывалось ранее, желательно их отобрать по одинаковому изменению обратного тока коллектора $I_{ко}$ от температуры [Л. 23]. Транзистор фазоинвертора — указателя знака (T_9) должен иметь $\beta \geqslant 20$ при токе базы 10 *мка*, а также малый $I_{ко}$ (примерно 0,1—0,2 *мка*). Транзисторы, работающие в счетчике, не должны иметь усиление более 50 и величину $I_{ко}$ более 5—6 *мка*. Начальный ток коллектора при напряжении $U_к$=12 *в* не должен превышать 10—12 *мка*. Обратный ток диодов Д9Д, работающих в счетчике при том же напряжении, не должен быть больше 50 *мка*

К транзисторам, работающим в ключах *ПКН*, предъявляется требование по минимальному остаточному напряжению при насыщении. Их отбирают из предназначенных для вольтметра транзисторов П13. Схема измерения показана на рис. 48, *а* Транзисторы с минимальной величиной $U_{кэн}$ использованы в первой декаде *ПКН*, с бо́льшими — во второй и третьей. Разрядный транзистор T_{64} должен иметь минимальный начальный ток коллектора. При $U_к$=6 *в* он не должен быть больше 0,2—0,3 *мка* Кремниевые транзисторы обеих проводимостей, работающие как шунтирующие или ключевые, могут быть с коэффициентом усиления по току на 25—30% меньше оговоренных в ТУ. К диодам Д9Д для матриц первой и второй декад предъявляется требование по обратному току при напряжении 10 *в*. Желательно, чтобы он не превышал 10—15 *мка*. Обратный ток диода $Д_{17}$ не должен превышать при напряжении 15 *в* 2—3 *мка* при обычной температуре и 15 *мка* при 40 °С.

Резисторы в основном малогабаритные. типов ВС-0,125 групп «а» и «б», МЛТ-0,125 и УЛМ-0,12. Можно применить и другие типы малогабаритных резисторов (КИМ-0,12, МТЕ-0,125 и др.). Входной резистор R_{25} и резистор R_{18} должен быть типа МЛТ-0,25 с допуском 5%. Добавочные сопротивления (R_8, R_{16}, R_{32} и др) выполнены в виде наборов резисторов различных номиналов и мощностей. Все они указаны в табл 6 Звездочкой помечены резисторы, которыми можно подгонять в полностью смонтированном приборе. Если подгонку делать не этими резисторами, то в этом случае в примечании дано указание Для некоторых пределов предусмотрена возможность установки дополнительных резисторов, но в данном приборе в них не было необходимости Они отмечены как резисторы, имеющие нулевое сопротивление. В таблицу также помещены резисторы делителя источника образцового напряжения.

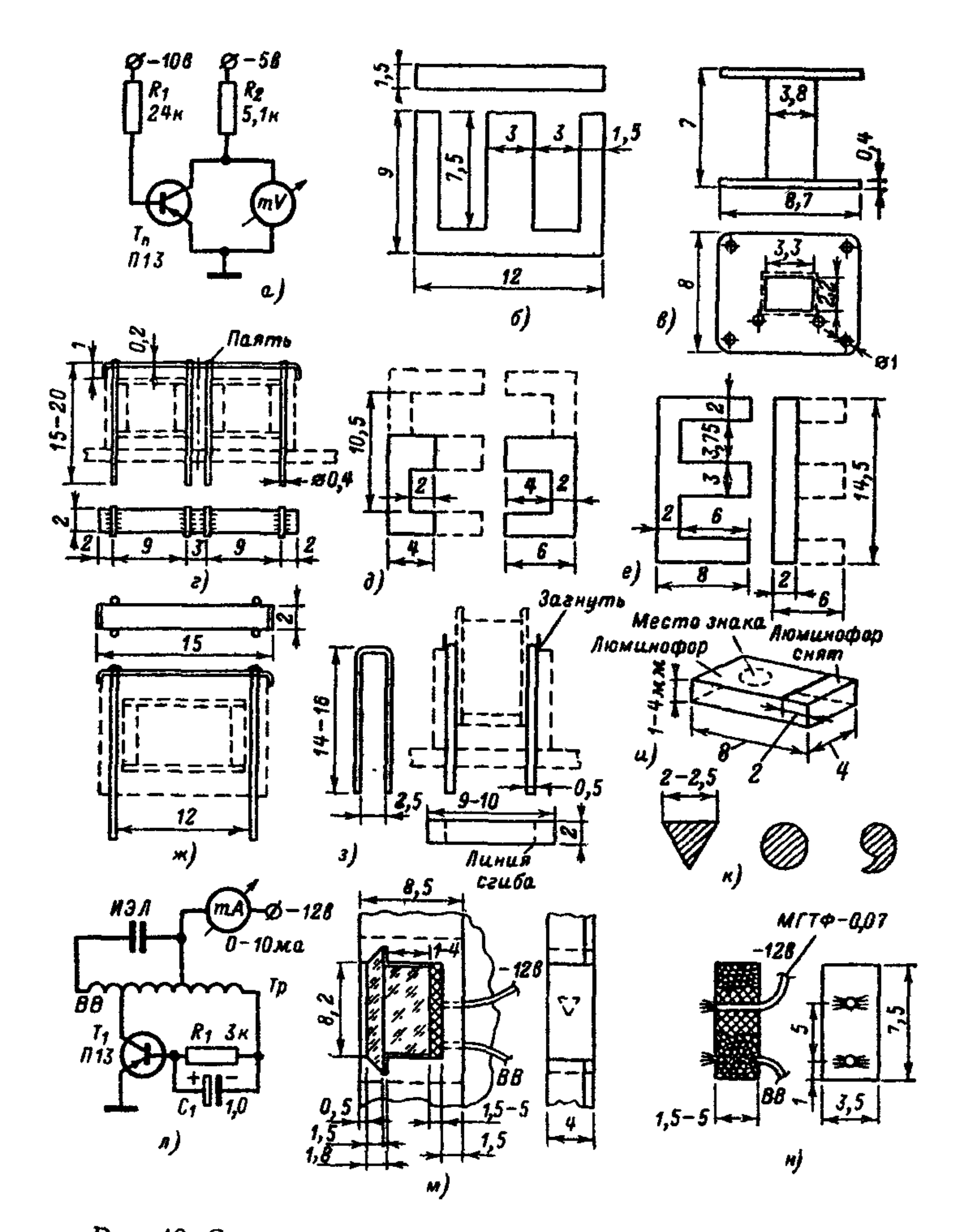


Рис. 48. Схемы измерений и переделка трансформаторов.

а — схема измерения; *б* — железо Ш-3; *в* — каркас; *г* — крепление трансформаторов; *д—з* — варианты переделки железа Ш-3 от приемника «Нейва-М» и их крепление; *и* — заготовка ИЭЛ для запятой; *к* — форма знаков; *л* — схема испытаний трансформаторов и ИЭЛ; *м* — установка ИЭЛ запятой на платах IX, X и XI; *н* — устройство токоподвода.

В примечании указан коэффициент деления относительно верхнего уровня выходного напряжения. Потенциометры R_1, R_3 и R_{36} проволочные (СП5-16Т), R_{193} (СП5-3). Потенциометр R_{180} дисковый фирмы «Тесла» с замененной подковкой[1]. Потенциометры СП5-3 могут

[1] Способ замены описан в гл. 2.

быть применены и для R_1, R_3 и R_{36}. При этом калибровка прибора упрощается, так как имеющийся в них червячный редуктор позволяет плавно подойти к необходимой величине. Резисторы для *ПКН* должны быть подобраны с особой тщательностью. Лучше всего для первой декады устанавливать резисторы С5-717. При их отсутствии могут быть использованы ВС-0,125 после проведения искусственного старения и отбора по наименьшему ТКС.

В вольтметре применены малогабаритные конденсаторы КЛС, КМ, КТ-1 и КД. Электролитические конденсаторы в цепях с напряжением более 3 *в* — К50-6, а до 3 *в* — ЭМИ. При этом конденсаторы, имеющие по схеме емкость 50 *мкф*, составлены из двух с емкостями по 20 и 30 *мкф* на 15 *в*. Конденсаторы C_2 и C_3 — К53-1 на 15 *в* рабочего напряжения. Их утечка при этом напряжении не должна быть более 1 *мка*. Конденсатор C_{56} (ЭТО-1) во времязадающей цепи пускового устройства должен быть с током утечки при напряжении 10 *в* не более 1 *мка*. Вместо него может быть установлен конденсатор К53-1.

Во времязадающих цепях блокинг-генераторов для табло вместо конденсатора К50-6 на 1 *мкф* 15 *в* можно установить конденсаторы фирмы «Тесла» на 1 *мкф* 12 *в*.

В приборе применены восьмиэлементные электролюминесцентные цифровые табло ИЭЛ-0-1У-140-24, но могут быть установлены и семиэлементные (ИЭЛ-0-1У-140-23). К тому же эти табло имеют индикацию запятой, но она, к сожалению, расположена справа от цифры, а для обозначения чисел, меньших единицы, запятую необходимо иметь слева старшего разряда и ее необходимо изготовить. Восьмиэлементные табло вообще не имеют встроенных знаков, поэтому все три запятые необходимо сделать. Изготовление люминесцентных индикаторов запятых описано в конце этого раздела. Для их индикации можно также использовать светодиоды УС-2 с зеленым свечением или миниатюрные лампочки накаливания НСМ на 10 *в* 55 *ма*. Питать их можно от источника +3 *в*, потребляемый при этом ток около 20 *ма*, яркость свечения вполне для этой цели достаточная.

Трансформаторы блокинг-генераторов, питающих табло, изготавливают на сердечниках из пермаллоевых пластин Ш-3, набор 2 *мм*. Чертежи трансформаторных пластин и каркаса даны на рис. 48, *б* и *в*. Для этой цели можно взять и пластины от выходных или согласующих трансформаторов радиоприемников «Юпитер», «Нейва-М» и др. Габариты пластин этих трансформаторов несколько больше примененных, поэтому необходимо уменьшить их высоту, что может быть выполнено двумя вариантами, показанными на рис. 48, *д* и *е*. Выводы обмоток трансформаторов делают тем же проводом, что и обмотку. Дополнительные провода закрепляют в отверстиях каркаса. Каркас клеят из целлулоида: гильза — один слой отмытой кинопленки, боковые щечки — целлулоид толщиной 0,4—0,5 *мм*. Склеивать их нужно малым количеством очень жидкого цапон-лака или ацетоном. Трансформаторы крепят группами по два в каждой. Их охватывают общей планкой сверху и притягивают к плате четырьмя П-образными проволочными скобами, для пайки которых предусмотрены специальные контактные площадки. Конструкция крепления трансформаторов показана на рис. 48, *г*, *ж* и *з*. Данные обмоток приведены в табл. 7. Там же приведены данные обмоток трансформатора блокинг-генератора счетных импульсов.

Таблица 7

Обозначение по схеме	Обмотки I: Витки	Обмотки I: Провод	Обмотки II: Витки	Обмотки II: Провод	Обмотки III: Витки	Обмотки III: Провод	Сердечники
$Тр_1$	22	ПЭВ-2, $d = 0{,}12$	22	ПЭВ-2, $d = 0{,}12$	22	ПЭВ-2, $d = 0{,}12$	Феррит Ф = = 600, Кольцо $D =$ = 8 *мм* $d = 4$ *мм*, $h = 3$ *мм*
$Тр_2$— $Тр_{23}$	50	ПЭВ-1, $d{=}0{,}08$	250	ПЭВ-1, $d{=}0{,}08$	5 700	ПЭВ-1, $p{=}0{,}03$	Пермаллой Ш=3, $h{=}2$ *мм*

Люминесцентные индикаторы запятых делают из вышедших из строя (пробитых или расколотых) люминесцентных цифровых индикаторов. Для этой цели вокруг стекла индикатора удаляют пластмассовый корпус и эпоксидную заливку. Из стекла с неповрежденным слоем люминофора вырезают три — пять прямоугольных пластин, размером 4×8 *мм* (рис. 48, *и*) Вдоль одной из узких сторон на 2 *мм* от края люминофор осторожно снимают. При этом не следует прочерчивать по нему чем-либо острым (чтобы не повредить прозрачного токопроводящего слоя на стекле). В средней части оставшегося люминофора токопроводящей смесью наносят рисунок. Возможные формы знака показаны на рис. 48, *к*. Если на стекле удалось сохранить меньшую площадь люминофора, размер знака может быть уменьшен. Токопроводящую смесь приготовляют из какого-либо жидкого нитролака и графитового порошка (от карандаша 2—3М). После высыхания смеси индикатор необходимо проверить. Для этого от блокинг-генератора на него подают высокое напряжение, как показано на рис. 48, *л* Работающие индикаторы устанавливают в гнезда на платах IX, X и XI, как показано на рис. 48, *м*. Контакт к токоведущей пленке на стекле и к знаку делают с помощью прижимаемых к ним зачищенных концов провода МГТФ или полосок тонкой медной фольги, пропущенных через резиновую прокладку, как показано на рис. 48, *н*. Собранные на платах индикаторы обклеивают с обеих сторон тонкой черной бумагой, которую затем покрывают несколькими слоями жидкого цапон-лака для предохранения от влаги. Место наклейки бумажной полоски показано на рис. 48, *м* штрихом. Наклеивать нужно клеем БФ-2

Монтаж. Весь вольтметр смонтирован на 11 платах. Плата I (счет ведется слева направо с задней стороны прибора) — генератор счетных импульсов, каскады блокировки генератора и блокировки по счету, стабилизатор (—10 *в*) и потенциометры R_1, R_3 и R_{36}; плата II — *ПКН*, нуль-орган, стабилизатор опорного напряжения и стабилизатор питания (—9 *в*); плата III — счетчик импульсов; плата IV, IV, *а* и IV, *б* — транзисторные ключи и диодные матрицы дешифраторов и шифраторов первой и второй декад; плата V — каскады питания табло и диодная матрица третьей де-

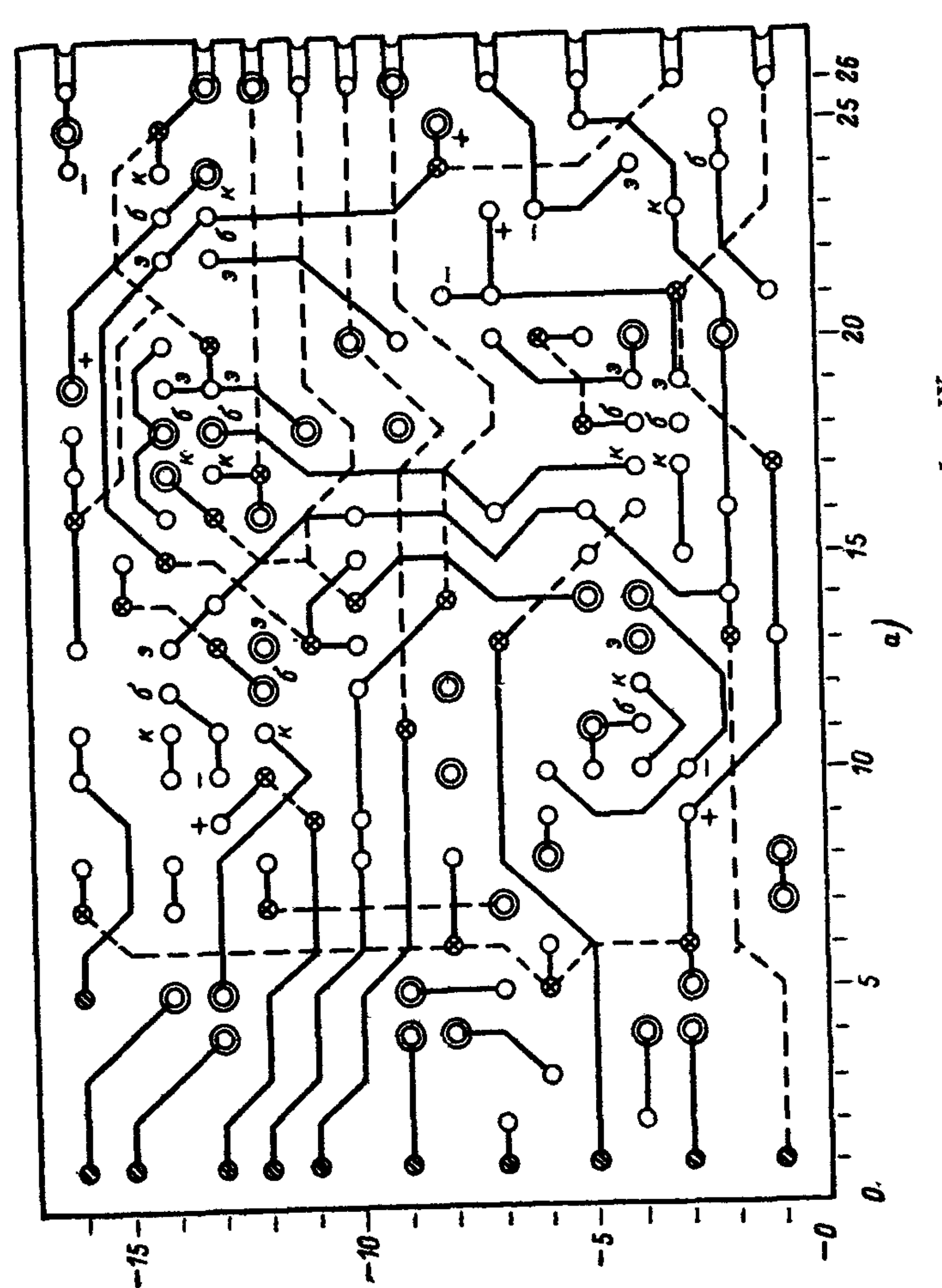


Рис. 49. Конструкция плат I и IX
а — разводка печатных проводников платы I.

Рис. 49 (продолжение).

б — размещение деталей на плате I (второй конец R_{74} подключен к базе транзистора T_{38}).

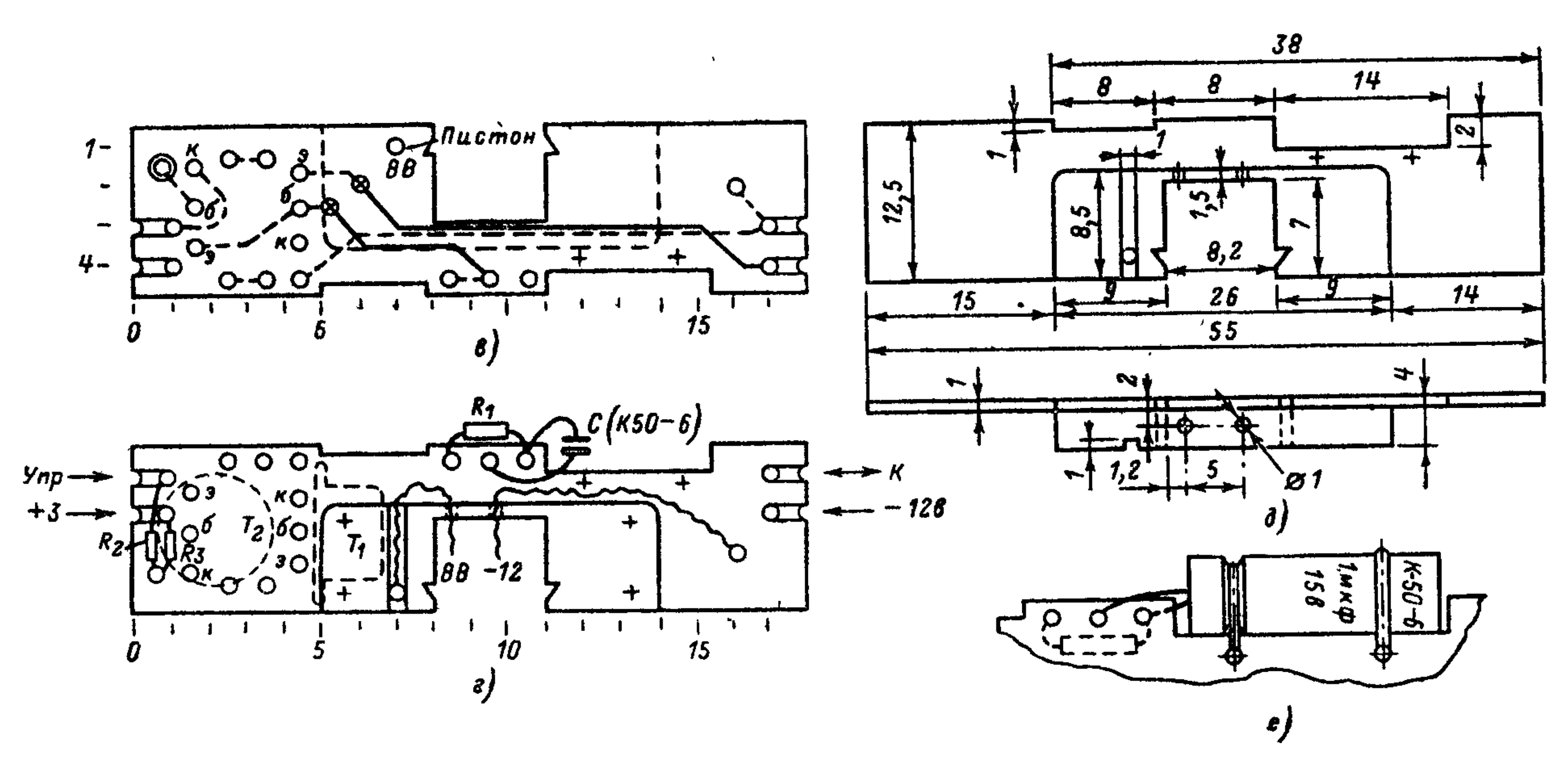


Рис. 49. (продолжение).

в — разводка печатных проводников платы IX (X и XI); г — размещение деталей; д — чертеж платы IX; е — крепление конденсатора К50-6.

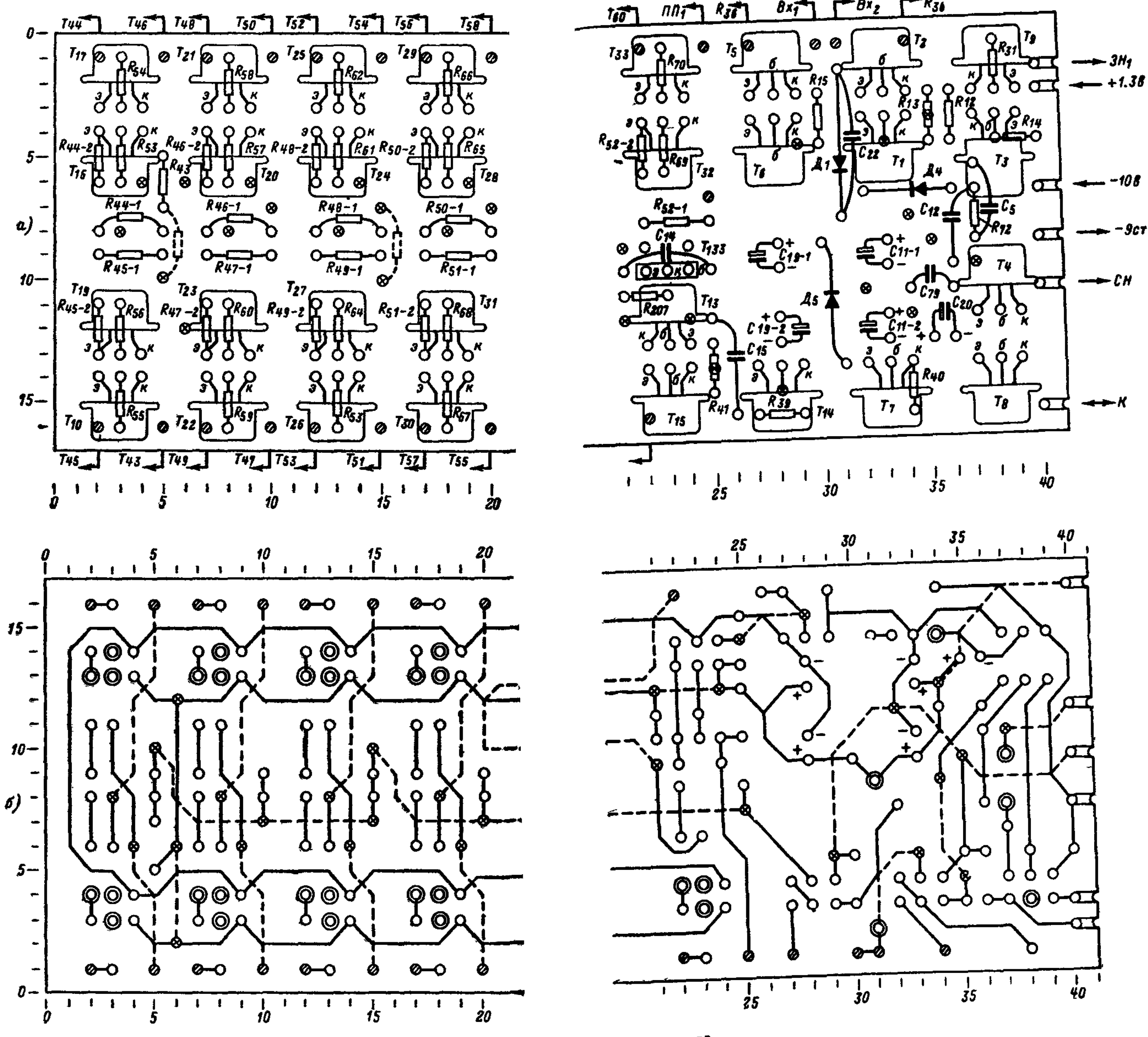


Рис. 50. Констр

а — размещение деталей на плате II (адресовка вывода у T_{15} — T

ция платы II.

а — размещение деталей на плате II (адресовка вывода у T_{15} — T_{59}):

9—371

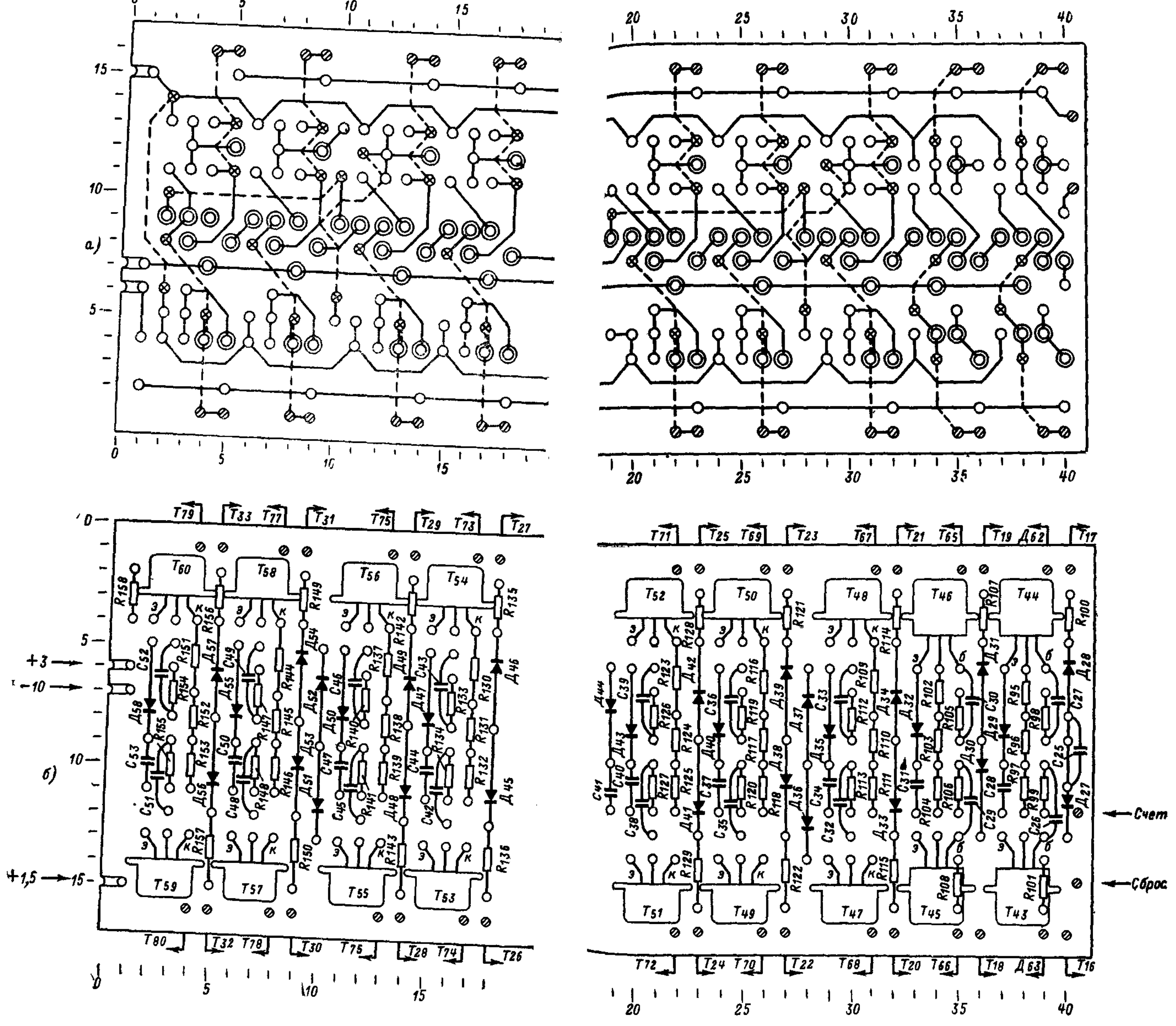
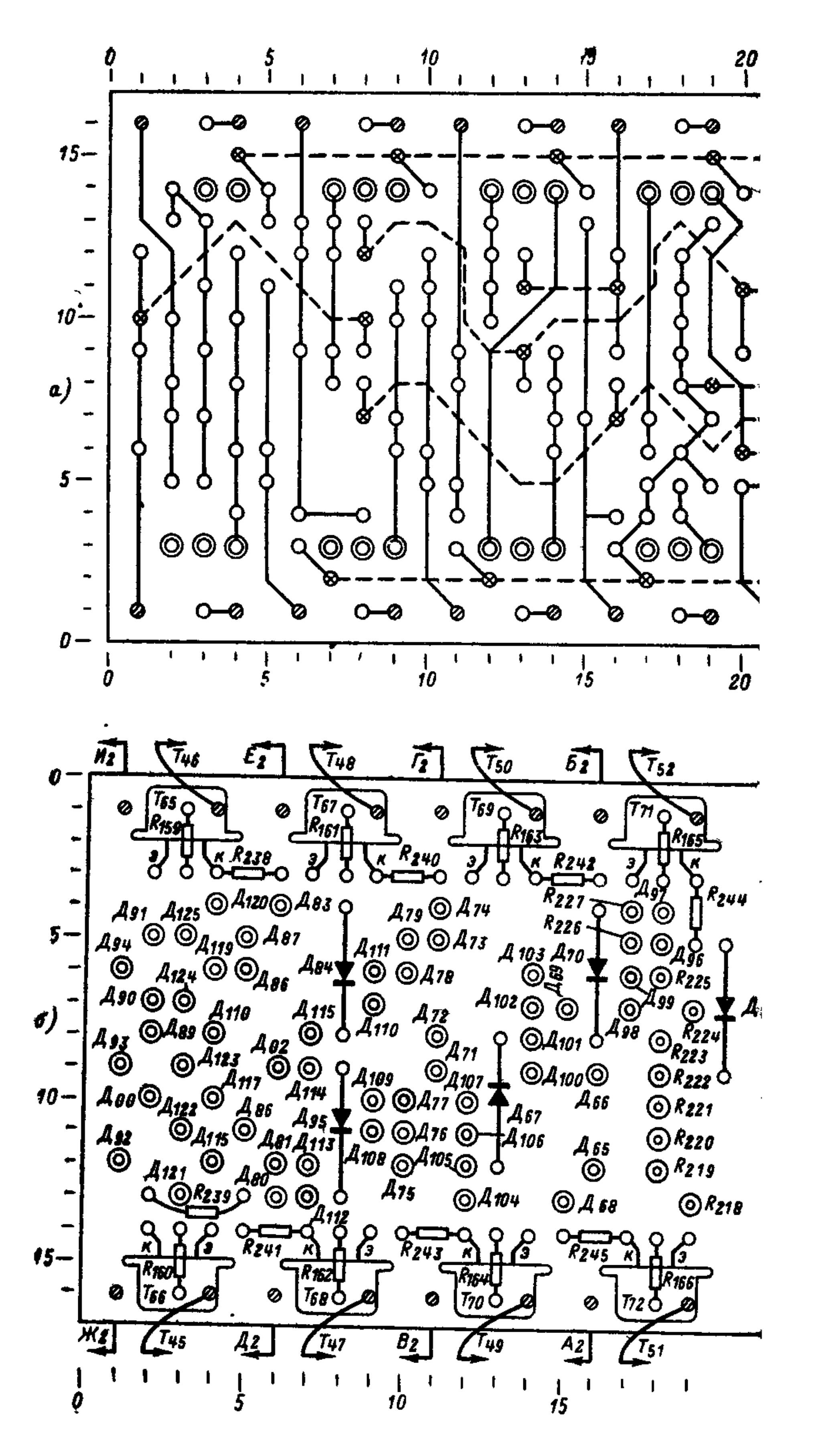
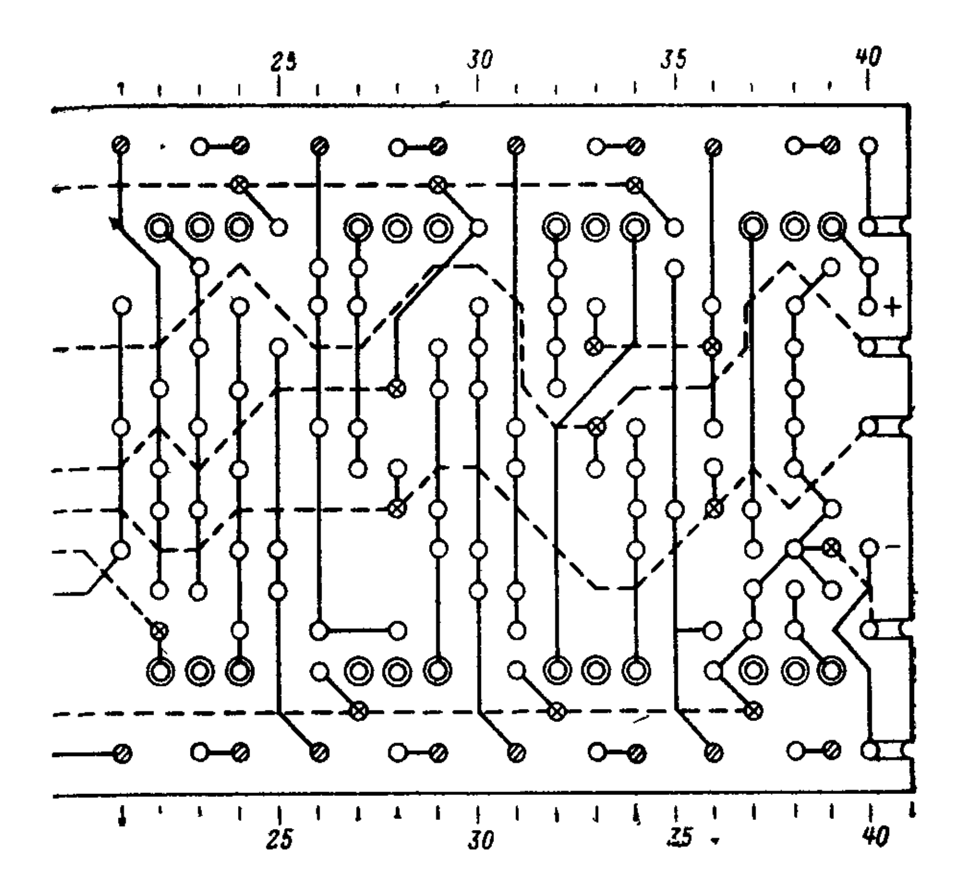


Рис. 51. Конструкция платы III.

а — разводка печатных проводников платы III; *б* — размещение деталей на плате III.





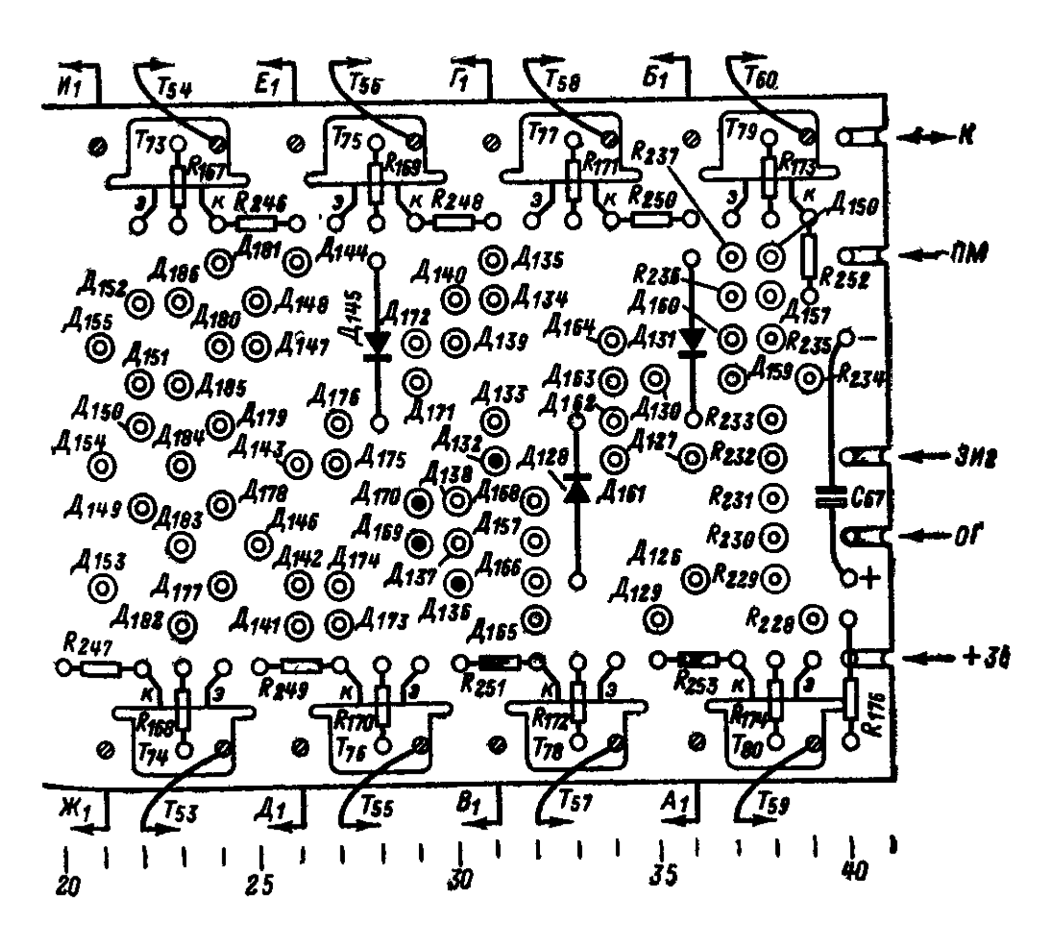


Рис. 52 Конструкция платы IV.

а — разводка печатных проводников платы IV; *б* — размещение деталей плате IV (платы IV, *а* и IV, *б* сняты).

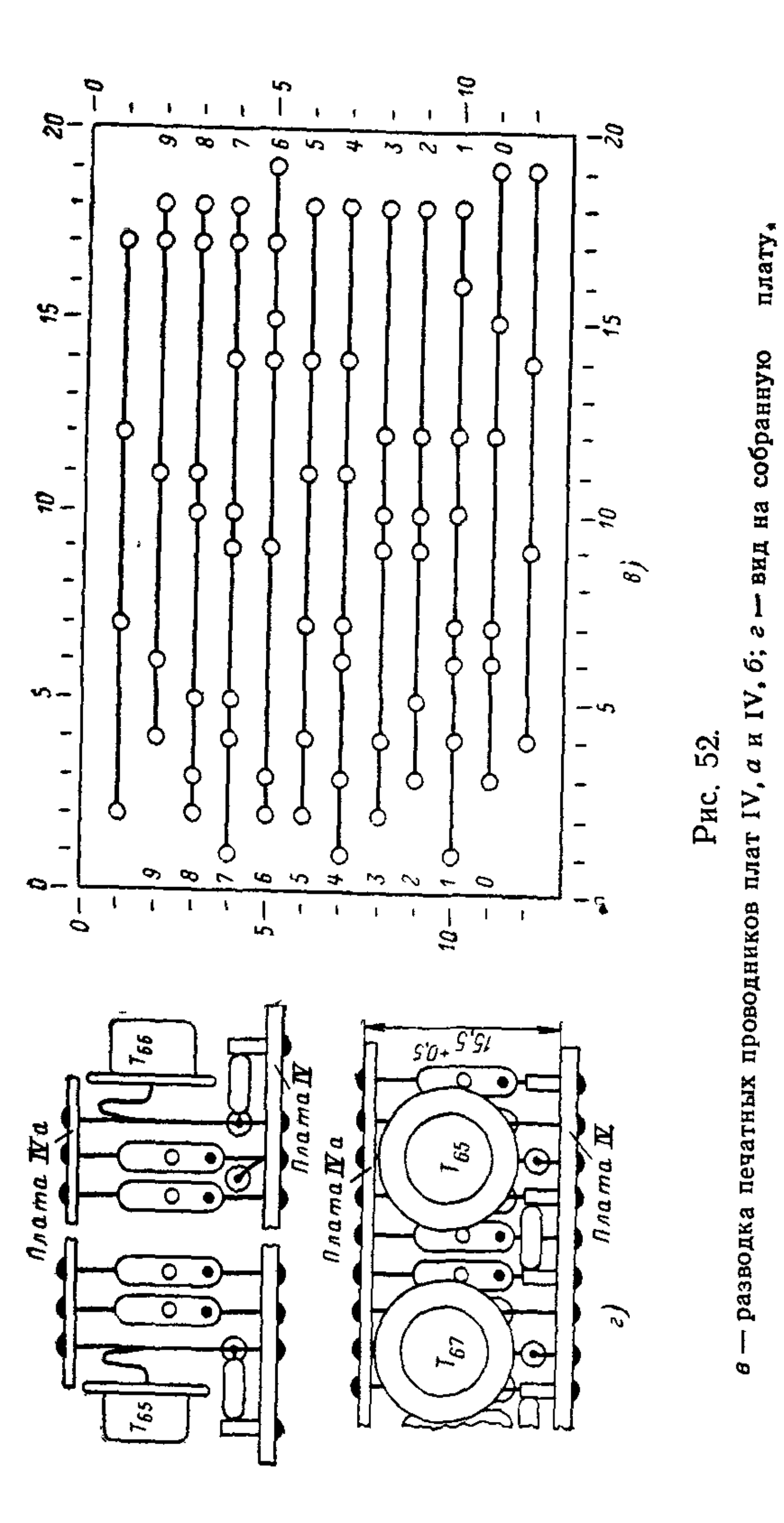


Рис. 52.
в — разводка печатных проводников плат IV, *а* и IV, *б*; *г* — вид на собранную плату.

кады, пусковое устройство, каскад сигнализации неправильной полярности и каскад управления питанием матриц; плата VI — блок питания цифровых табло первой и второй декад; платы VII и VIII— резисторы входного аттенюатора, преобразователь для измерения переменных напряжений, источник образцового напряжения с делителем и переключатели рода работы и пределов измерения; платы IX, X и XI — люминесцентные индикаторы запятых, каскады их питания и управления.

Разводка печатных проводников и размещение деталей показаны на рис. 49—55. Монтаж почти всех плат двусторонний. Выполнен он печатным способом на двустороннем фольгированном стеклотекстолите. Толщина материала I — VI плат 1,5 *мм*, остальных — 1 *мм*. Платы IV, *а* и IV, *б* выполнены на одностороннем фольгированном стеклотекстолите толщиной 0,8—1 *мм*. Следует отметить, что монтаж цифрового вольтметра значительно плотнее, чем в осциллографе, и к выполнению его следует подходить с особой тщательностью. Дело несколько упрощается тем, что монтаж большинства плат состоит из однотипных повторяющихся узлов. Таковы платы II, III, IV, VI, IX, X и XI. Например, на плате VI размещено 16 блокинг-генераторов с блокирующими их транзисторами. Они сгруппированы в восемь схемных групп с одинаковым монтажом.

Как значительную особенность монтажа следует отметить применение весьма перспективного для любителей объемного монтажа типа «поленница», называемый еще колончатым, межплатным или просто объемным [Л. 7, 10, 28]. Иногда его ошибочно называют этажерочным, путая с микромодулями этажерочной конструкции [Л. 10, 28], которые в собранном виде (до заливки) действительно сильно напоминает этажерку. Важное для любителей достоинство этого монтажа заключается в возможности получения достаточно высокой плотности при применении обычных, даже не самых миниатюрных деталей. Такой монтаж использован для плат IV, IV, *а* и IV, *б*, а также для VII и VIII. На первых из них собраны диодные матрицы первой и второй декад. На платах IV, *а* и IV, *б* находятся печатные проводники шин десятичных цифр. Диоды дешифраторов и шифраторов, а также нагрузочные резисторы десятичных шин расположены между платами IV—IV, *а* и IV—IV, *б*. Транзисторы ключей устанавливают на плате IV вдоль обеих длинных ее сторон. Вид на собранную плату показан на рис. 52, *г*. Платы VII и VIII служат боковыми платами переключателей пределов измерения и рода работы. Между ними сверху и снизу переключателя располагают детали источника образцового напряжения, аттенюатора и преобразователя. Часть деталей смонтирована на самых переключателях. В собранном виде переключатель показан на рис. 59, *а* в следующем разделе.

Резисторы *ПКН* на плате II нужно устанавливать на возможно более длинных ножках. При использовании резисторов *ВС* необходимо применять во время пайки теплоотвод, так как при сильном местном перегреве их номинал может значительно измениться. Следует обратить внимание на пайку конденсаторов ЭМИ. Их положительный вывод сделан из алюминиевой проволоки и на большей части своей длины покрыт оловом (рис. 56, *а*). При разогревании это покрытие свертывается мелкими шариками на поверхности провода, и получить пайку нормального качества не всегда удается. Для получения хороших результатов покрытую часть положительного вывода обматывают тонким луженым проводом диаметром

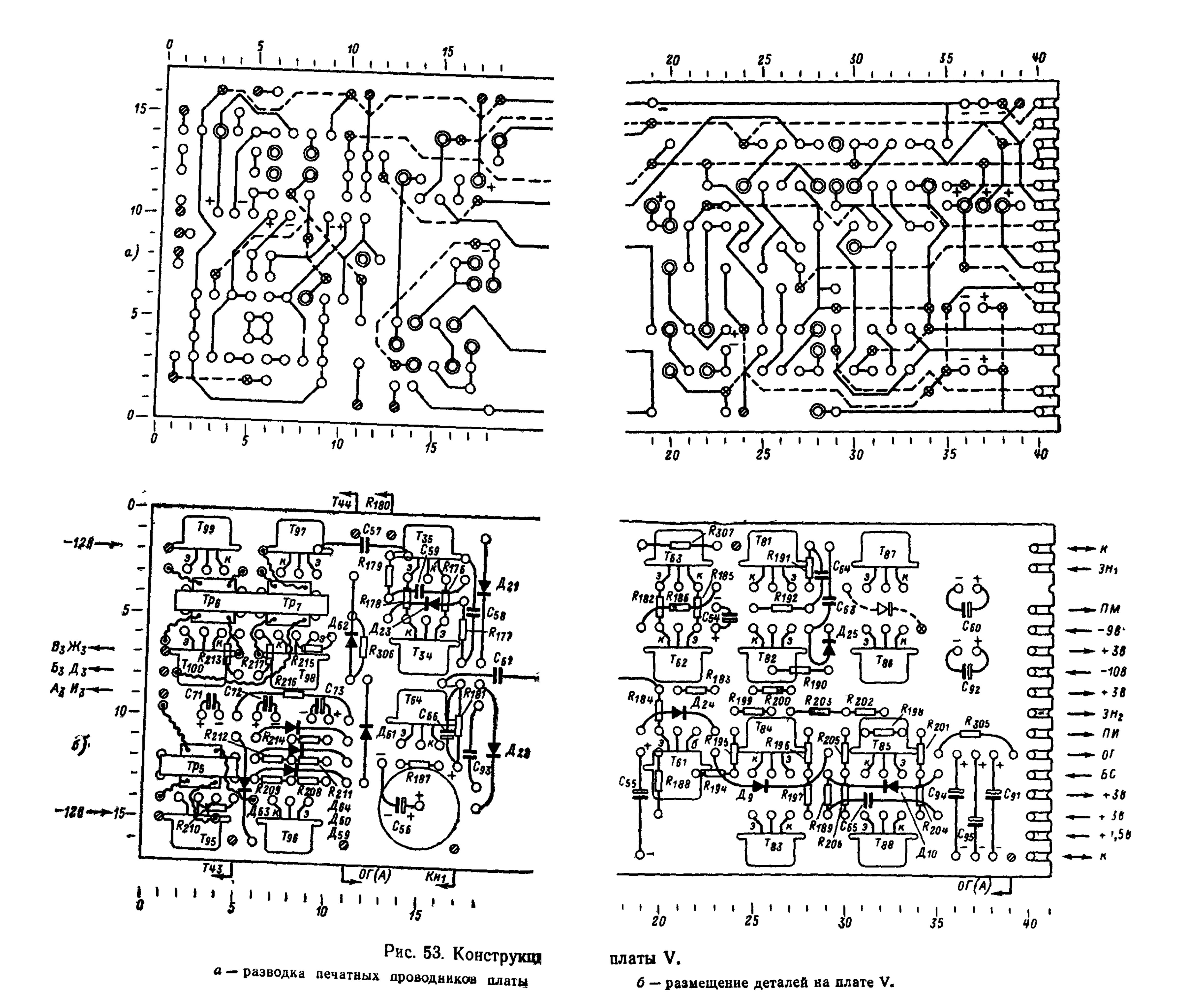


Рис. 53. Конструкция платы V.

а — разводка печатных проводников платы; *б* — размещение деталей на плате V.

Рис 54. Конструкция платы VI.

а — разводка печатных проводников платы VI; *б* — размещение деталей на плате VI.

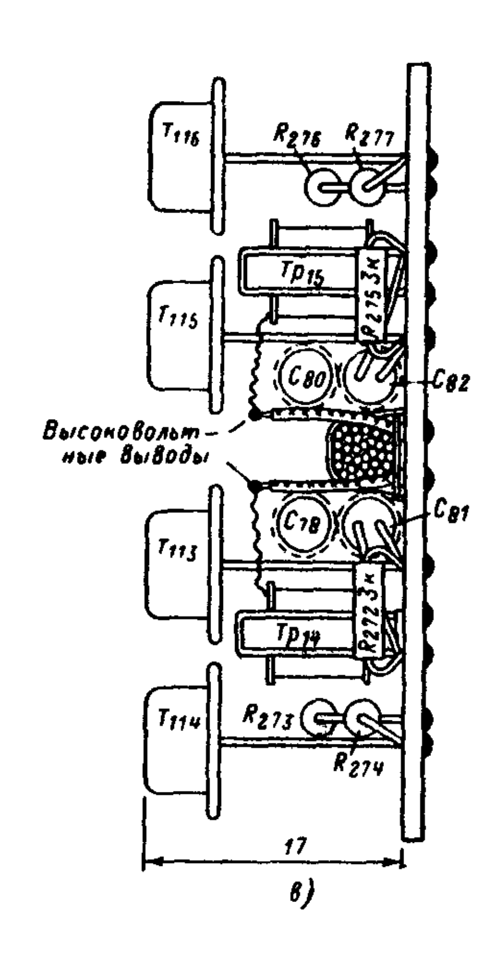


Рис. 54 (продолжение).

в — вид на плату со стороны передней панели

0,07—0,1 *мм*. Обматывание начинают со стороны корпуса и делают как можно плотнее (рис. 56, *б*). После этого пропаивают намотанный провод с применением жидкого канифольного флюса. Пропаянный провод прочно соединяется с выводом, и дальнейшая работа с конденсатором идет обычным порядком. Недостаток этого способа заключается в некотором увеличении диаметра положительного вывода, что необходимо учитывать при выполнении печатного монтажа. На корпус конденсатора необходимо надеть хлорвиниловую трубку. Эти конденсаторы лучше всего устанавливать, как показано на рис. 56, *в*.

Значительно большую сложность в этом приборе имеет и межплатный монтаж. Выполняется он весь (кроме разводки питания) проводом МГТФ-0,07. Входы и выходы на большинстве плат выполнены вдоль длинных сторон. Это дает свободный доступ к местам пайки, которые располагают в непосредственной близости от жгута. Для уменьшения количества проводов в отдельных местах жгута отводы к разным платам ведут встречно, что поясняет рис. 57, *б*, на котором изображена часть платы III с транзисторами T_{54} и T_{56} триггеров счетчика. Все провода, идущие от счетчика направо — к *ПКН*, налево — к матрицам Таким образом, жгут по всей длине имеет постоянное сечение, что облегчает его крепление и подпайку концов Жгуты в основном размещают на направляющих плат. Их ход показан на рис. 57, *а*, где платы изображены в изометрии. Размер плат по высоте уменьшен, и они условно расположены на одинаковых расстояниях Стрелки по углам плат показывают, в какую сторону обращены размещенные на них детали. В квадратах цифрами обозначены номера транзисторов, расположенных вдоль верхнего и нижнего краев платы. Жгуты схематически изображены линиями, стрелки на них показывают направление сигнала. Концы проводов маркируют цветными бирками. Их буквенные обозначения проставлены у соответствующих проводников, значение — приведено в табл 8.

Бирки нарезают из цветной изоляции тонких проводов и имеют длину 1—1,5 *мм* Жгут, идущий на табло двух первых декад, проходит по центру платы VI, его закрепляют на ней бандажами из тонких ниток. Крепление жгутов на направляющих аналогично описанному в осциллографе. В промежутках и около отводов жгуты перевязывают тонкими шелковыми нитками. Для предотвращения развязывания их проклеивают жидким цапон-лаком В местах пайки проводов обязательно устанавливают штырьки или заклепки, при-

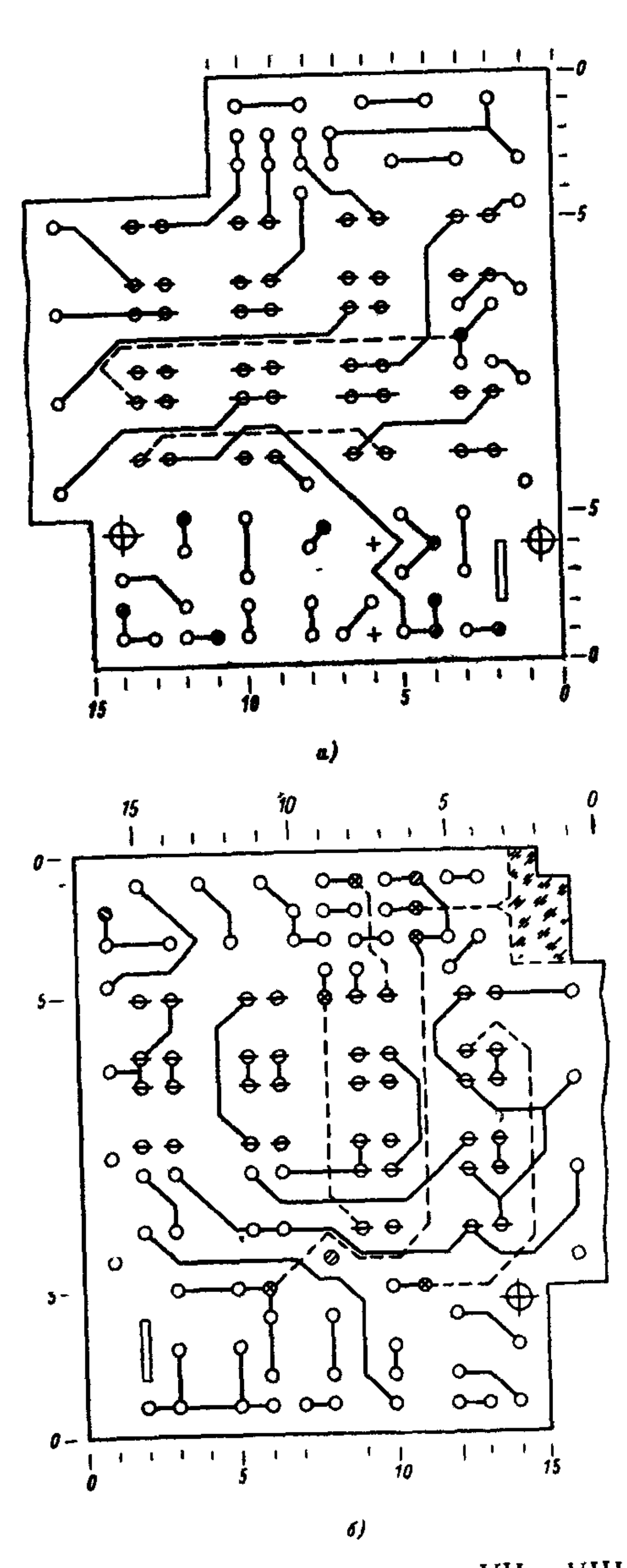
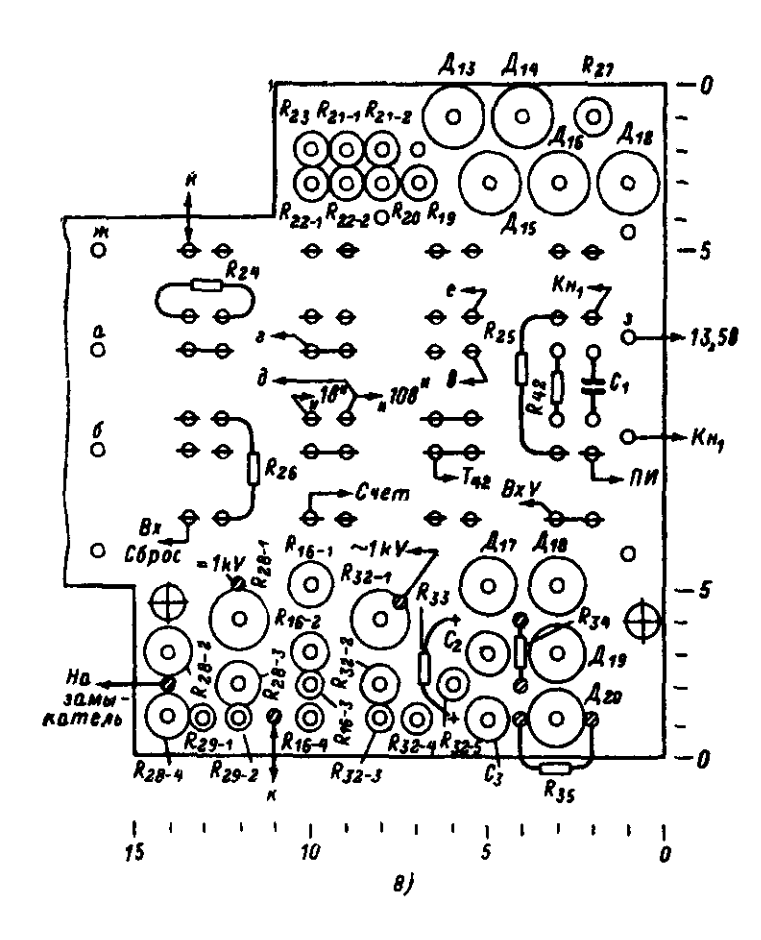


Рис. 55. Конструкция плат VII и VIII

а, б — разводка печатных проводников плат VII и VIII.



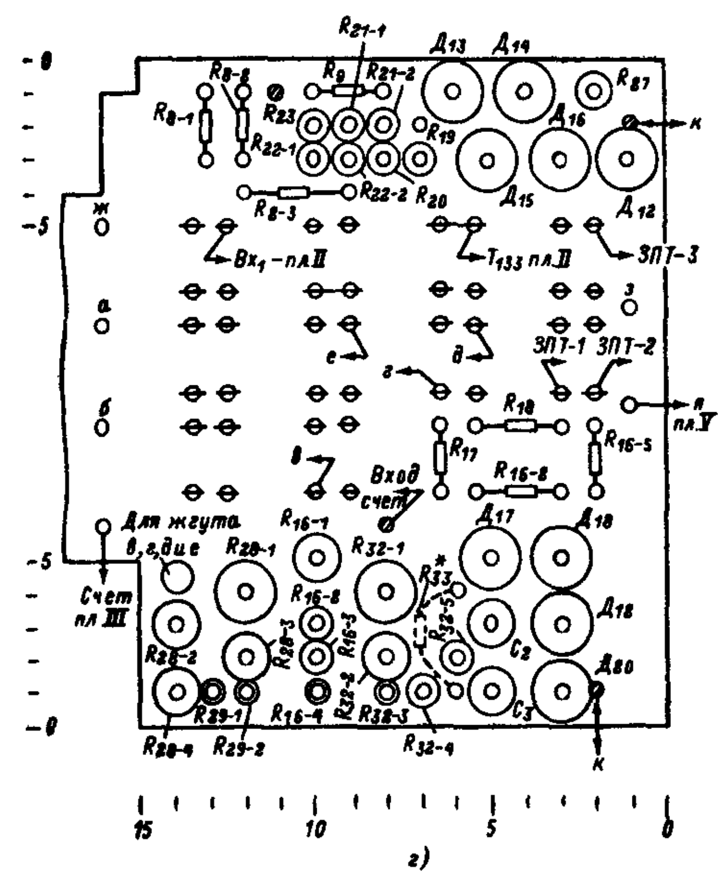


Рис 55 (продолжение).

в, г — размещение деталей на платах VII и VIII.

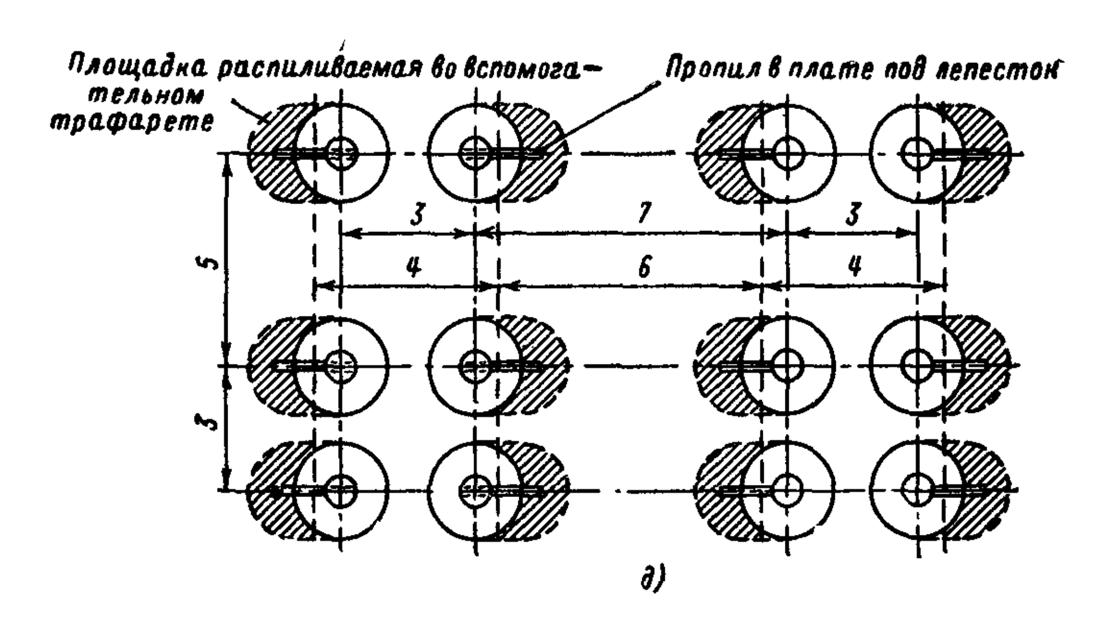


Рис. 55 (продолжение).

д — схема построения трафарета для нанесения контактных площадок переключателя (на рис. *а—г* их положение показано условно).

Таблица 8

Адрес	Позиция	Цвет бирки	Знак	Схема
I декада (старшая)	Верх	Белый	*Б*	Счетная часть — триггеры, *ПКН* и матрицы (дешифраторы)
	Низ	Голубой	*Г*	
II декада	Верх	Синий	*С*	
	Низ	Коричневый	*КО*	
Триггеры	1	Зеленый	*З*	
	2	Желтый	*Ж*	
	3	Оранжевый	*О*	
	4	Красный	*К*	
Декады	*I*	Длинная бирка	—	Индикаторная часть — матрицы (шифраторы), блокинг-генераторы и табло
	II	Черный	*Ч*	
Элементы	*А*	Светло-зеленый	*С—З*	
	Б	Темно-зеленый	*Т—З*	
	В	Красный	*К*	
	Г	Оранжевый	*О*	
	Д	Желтый	*Ж*	
	Е	Белый	*Б*	
	Ж	Голубой	*Г*	
	И	Синий	*С*	

чем в местах прохождения толстых жгутов (платы II, III, IV и VI) желательно ставить штырьки. Разводку питания делают с тыльной стороны плат аналогично описанной в осциллографе. Там же разведена и часть сигналов. На все перемычки надевают от-

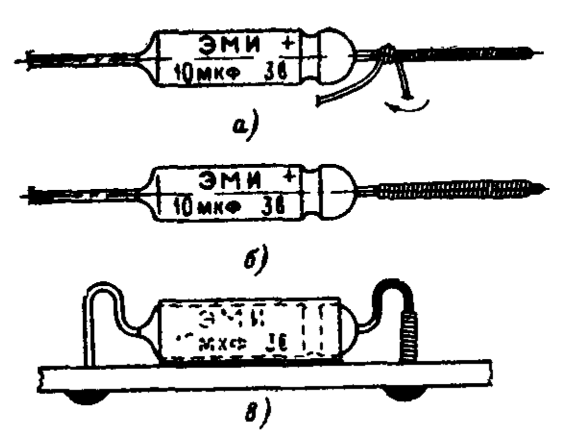
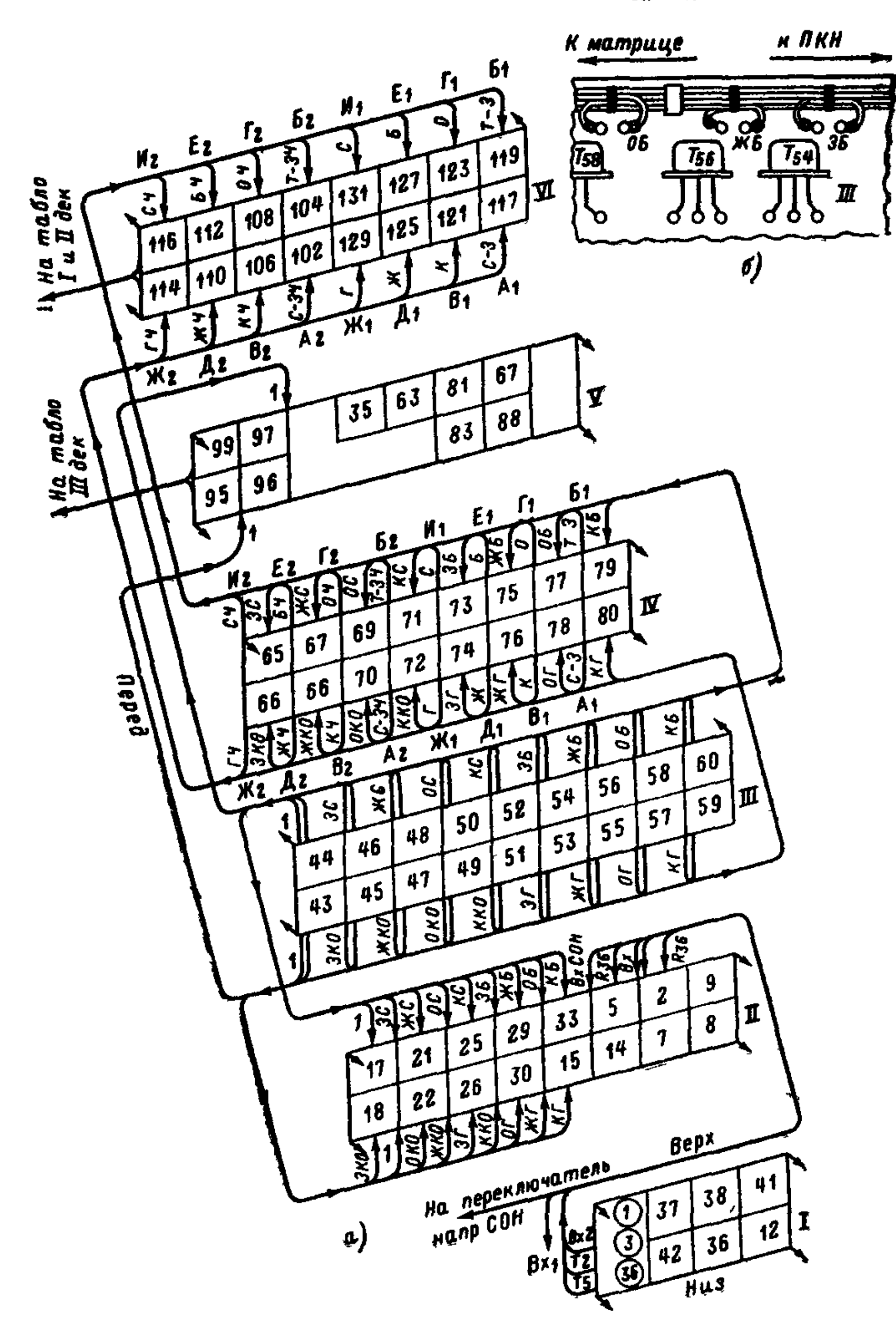


Рис. 56. Подготовка и установка к денсаторов ЭМИ.

а — начало обмотки положительного вы да; *б* — часть положительного выв покрытого оловом, обмотана и пропая *в* — пример установки конденсаторов печатной плате.

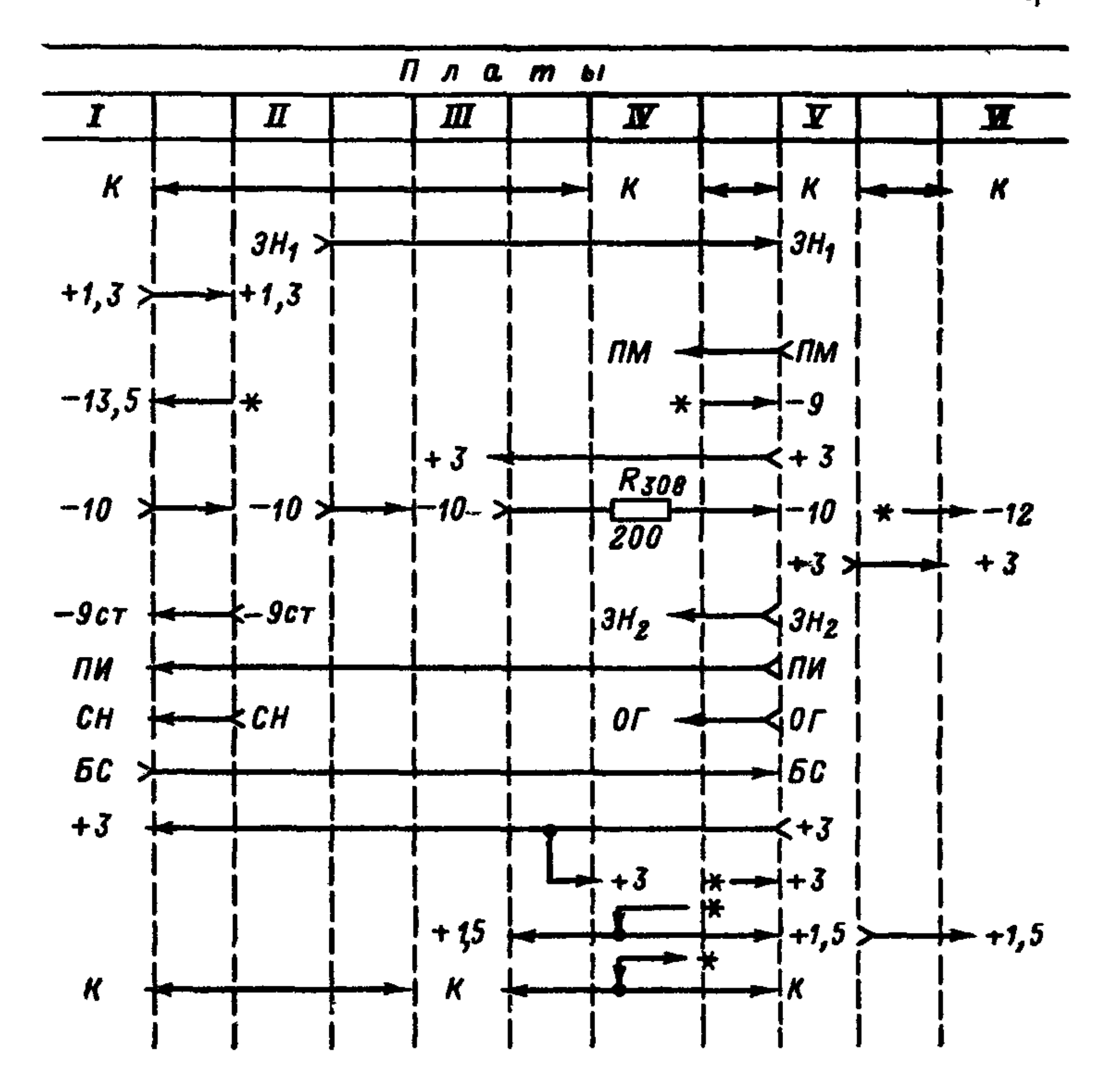
Рис 57. Межплатные соединения.

а — ход основных жгутов, *б* — при прокладки жгута (плата счетчи T_{54}, T_{56} и T_{58}).



резки тонкой линаксиновой или фторопластовой трубки. Расположение перемычек приведено в табл. 9. Стрелкой со звездочкой отмечены места подключения проводов кабеля питания. Направление подачи сигнала (с какой платы на какую) также отмечено стрелками. Значение сокращенных наименований сигналов приведено в табл. 10.

Таблица 9



Органы управления. К ним относятся: блок потенциометра периодичности замеров, блок переключателей и блок входных гнезд.

Б л о к   п о т е н ц и о м е т р а периодичности замеров включает в себя переменный резистор R_{180} и кнопку ручного пуска $Кн_1$. Потенциометр R_{180} — дисковый, с замененной подковкой. Он установлен на основании блока, выполненном из белой жести или латуни толщиной 0,3—0,4 *мм* (рис. 58). Кнопка выполнена из цветного полистирола, размеры ее показаны на рис 58, *в*. Кнопка своим толкателем давит на пружину из бериллиевой бронзы (рис. 58, *д*). Переключающим устройством в кнопке служит миниатюрный микровыключатель МП-7. Его закрепляют на основании проволочной скобой *13*, которую к основанию припаивают. Блок в собранном виде показан на рис. 58, *а*. Потенциометр закрепляют винтом М2, гайку *10* для которого припаивают к основанию. К каркасу блок при-

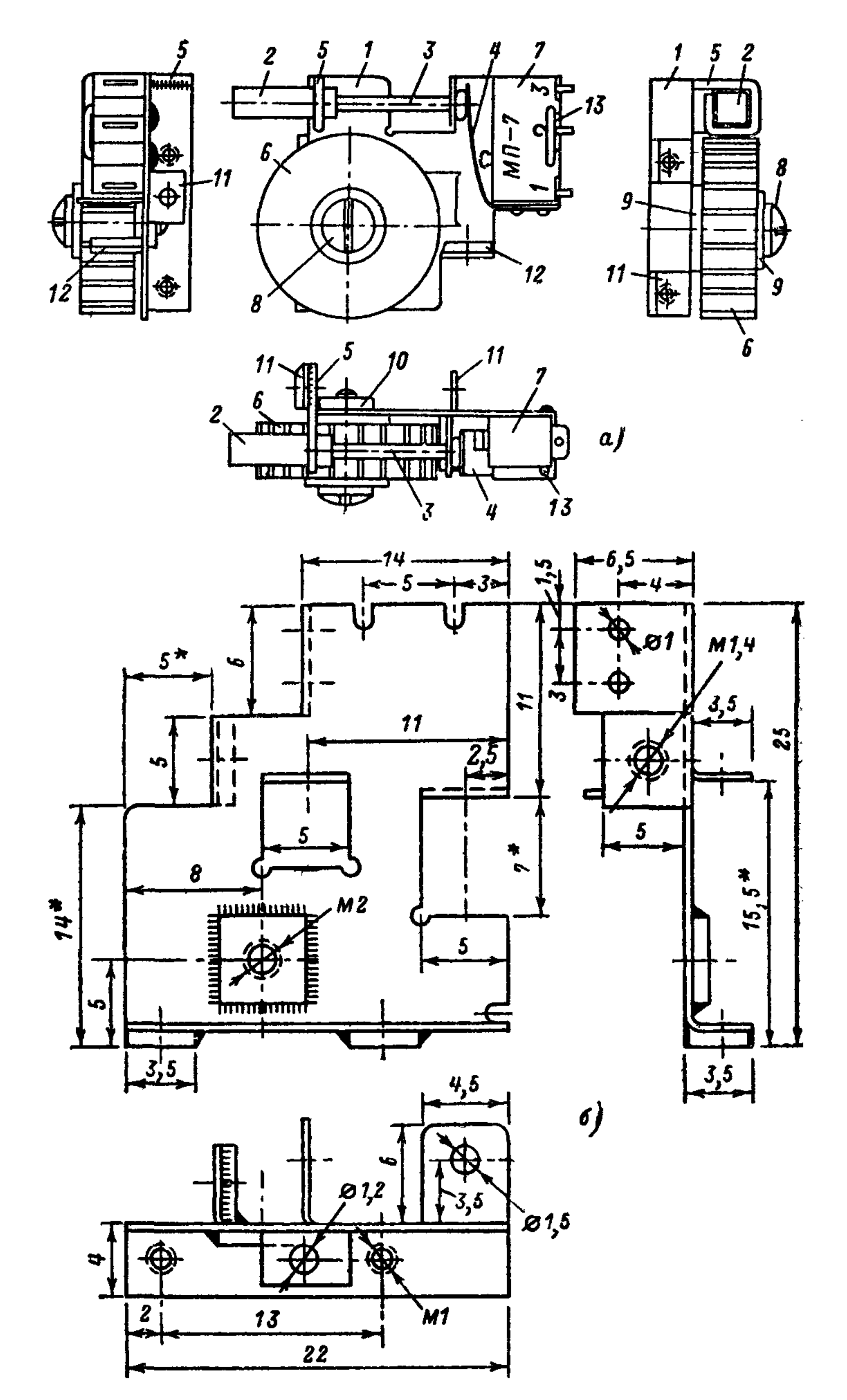


Рис. 58. Блок потенциометра.
а — общий вид; *б* — основание (*1*)

в) г) д) е)

Рис. 58 (продолжение).

в — кнопка (*2*); *г* — толкатель (*3*); *д* — пружина (*4*); *е* — держатель (*5*); *6* — потенциометр R_{180}; *7* — микровыключатель МП-7; *8* — винт М2, *9* — изоляционная шайба; *10* — гайка М2; *11* — детали крепления блока к каркасу; *12* — уголок крепления блока переключателей; *13* — скоба крепления МП-7.

Таблица 10

Сокращенное обозначение	Значение сокращений
ЗН$_1$	Сигнал с нуль-органа на каскад знака
ЗН$_2$	Сигнал на матрицы для высвечивания линии
ПМ	Напряжение питания матриц
ПИ	Пусковой импульс
СН	Сигнал с нуль-органа
ОГ	Сигнал общего гашения. Им гасятся элементы *А* и *И* на табло
БС	Сигнал блокировки по счету
К	Корпус

Рис. 59. Блок переключателей.

а — блок в собранном виде; *б* — разметка плат (сплошной линией показана плата VIII, штриховыми линиями *1* и *2* — плата VII, штриховыми линиями *2*, *3*, *4* — малые платы).

Рис. 59 (продолжение).

в — кнопка переключателей; *г* — контактный лепесток; *д* — приспособление для опиливания пакета лепестков.

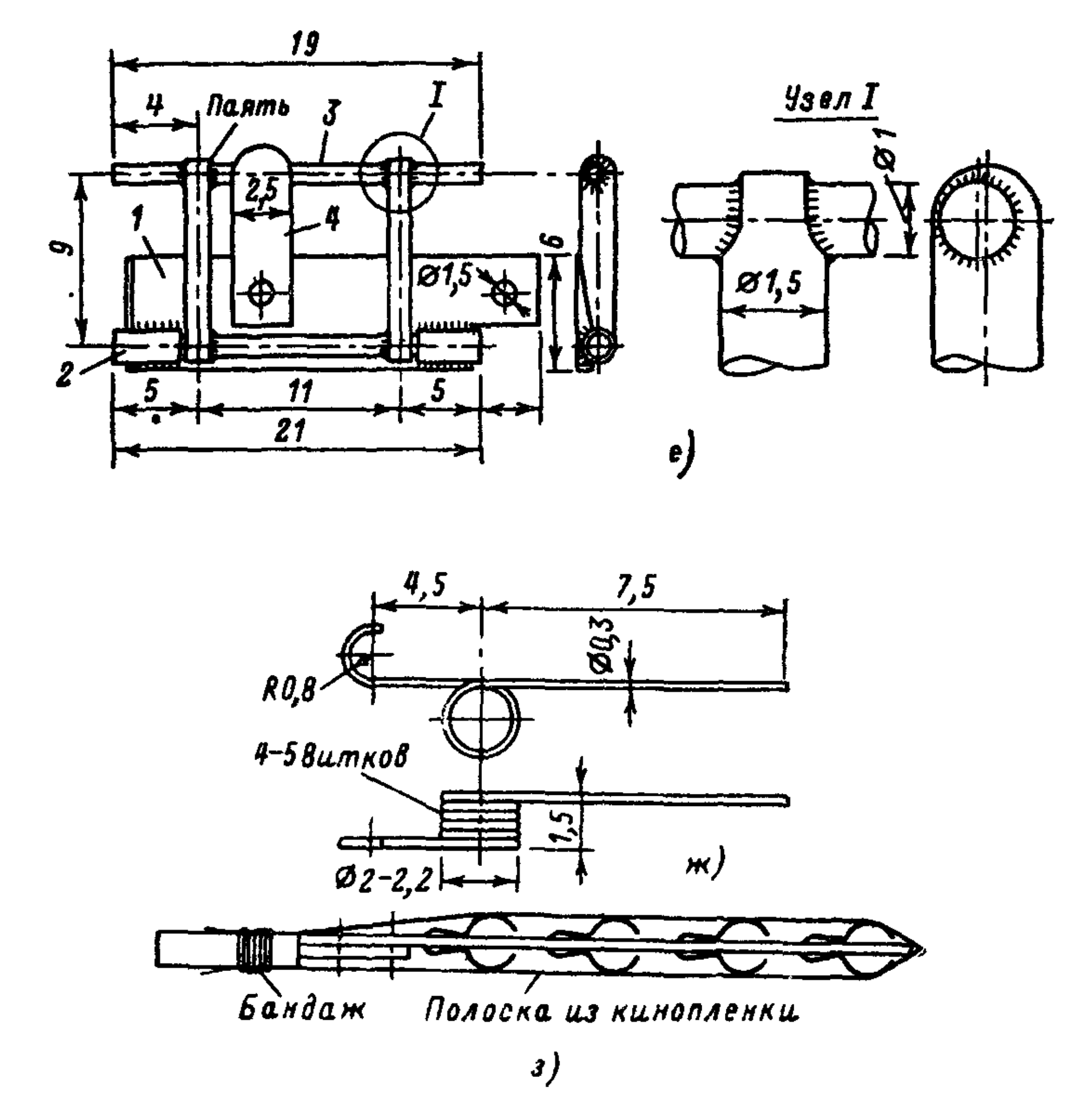


Рис. 59 (продолжение).

е — фиксаторный механизм; *ж* — возвратная пружина (три — правой и три — левой навивки); *з* — приспособление из полоски кинопленки для вставления движков в переключатели.

крепляют тремя винтами М1. Для двух из них к отогнутой части основания припаяны латунные пластинки 3,5×3,5×0,5 *мм* и в них нарезают резьбу. Непосредственно на блоке смонтированы два конденсатора C_{25} и C_{62}. Для упрощения работы с прибором на потенциометр нанесены градуировочные метки, как это было описано в гл. 2.

Блок переключателей включает в себя два трехкнопочных переключателя и частъ электрической схемы, которая уже описана в предыдущем разделе. Каждый из переключателей имеет зависимую фиксацию кнопок. Клавиши, движки и фигурные пружины, аналогичные описанным в осциллографе Различие состоит в креплении движка к клавише и устройства фиксирующего зуба. Кнопка в собранном виде показана на рис. 59, *в* Движок с фигурными пружинами прикрепляют двумя заклепками диаметром 0,8 *мм* к фигурной латунной планке толщиной 0,8—1 *мм*. На ней выпилены фиксирующий зуб и упор для пружины. Закрепление ее в клавише аналогично описанному. Выступающие за клавишу и движок края планки служат направляющими — они двигаются по пазам в платах переключателей. При приклепывании движка к фигурной планке необходимо следить за тем, чтобы фиксирующий зуб у трех движков был направлен направо, а у других трех — налево. Первые используются в переключателе рода работы, вторые — в переключателе пределов.

Большие платы переключателей выполнены из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 *мм*, на котором сделана разводка соединений. Малые платы изготовляют из гетинакса толщиной 0,8 *мм*. В пропилы обеих плат вставляют контактные лепестки. Их размеры показаны на рис. 59, *г*. Выпиливают их из полоски бериллиевой бронзы толщиной 0,3—0,35 *мм*. В приспособление (рис. 59, *д*) зажимают пакет из 20—25 отрезков длиной 9 *мм*. Полоса, из которой их нарезают, должна иметь ширину 3 *мм*. Контакты после выпиливания необходимо посеребрить, но можно это проделать и до разрезания полос на заготовки. Пропилы для контактов делают в обе стороны от отверстий, которые просверливают по центру расположения лепестков. Пропиливание ведут и стальных каленых «параллельках» мелкозубыми пилками для лобзика. Разметка отверстий показана на рис. 59, *б*.

При использовании трафарета для нанесения контактных площадок переключателя пропиливание ведут, как показано на рис. 55, *д*. Собранный переключатель изображен на рис. 59, *а*.

Фиксация кнопок во вдвинутом состоянии происходит фиксаторным механизмом Отдельно он показан на рис. 59, *е* Он состоит из планки *1*, припаянных к ней трубочек (подшипников) *2*, подвижной рамы *3* и пружины *4* Пружину делают из бериллиевой бронзы толщиной 0,1—0,15 *мм*, планку — из латуни или белой жести толщиной 0,3—0,4 *мм* Перекладины подвижной рамы, как и подшипники делают из тонкостенной трубки, диаметром 1,4 *мм*. Ось рамы и упор изготовляют из латунной или стальной проволоки, диаметром 1 *мм*.

К контактным площадкам, расположенным с внутренней стороны плат переключателей, перед сборкой припаивают проводники, которые пропускают в отверстия на лицевую сторону платы. Контактные лепестки сначала устанавливают в малые платы переключателей, а затем на них накладывают большую плату. Поправляя узким длинным пинцетом отклонившиеся в сторону лепестки, большую плату устанавливают на место. Платы скрепляют тремя-четырьмя петлями из тонкой проволоки, пропущенной в отверстия для стоек. Места предварительного крепления указаны на рис. 59, *а* стрелками. После этого проверяют движения кнопок и подгоняют возвратные пружины. Кнопки с фигурными пружинами вставляют с помощью полоски из кинопленки или медной фольги шириной 4 *мм*. Ее складывают вдвое и надевают на движок, как показано на рис. 59, *з*. При этом фигурные пружины оказываются прижатыми с обеих сторон к движку и беспрепятственно входят в переключатель. После этого полоску вынимают с тыльной стороны переключателя.

Возвратные пружины имеют четыре-пять витков стальной проволоки диаметром 0,3 *мм*. В обоих переключателях пружины работают на скручивание, и поэтому необходимо изготовить три пружины правой навивки и три левой. Вид пружины показан на рис. 59, *ж*. На плату VIII (переключатель пределов) припаивают стойки крепления переключателей и детали объемной части схемы.

В отверстия, занятые проволочными петлями вспомогательного крепления, их впаивают после сборки. На стойки надевают ограничительные втулки, и оба переключателя собирают вместе. Убедившись, что кнопки работают нормально, переключатели скрепляют припайкой стоек. Перед проведением окончательного монтажа переключателей между фигурными пружинами на движках и контактными лепестками во всех кнопках вставляют полоски плотной бумаги — она предохранит контактную часть от попадания на нее флюса во время пайки. Полоски должны иметь достаточно длинные концы, выходящие на одну из сторон переключателя. После окончательной сборки и монтажа переключателя внутреннюю поверхность лепестков очищают от остатков флюса протягиванием через переключатель смоченных спиртом концов бумажных полос. Переключатель закрепляют в корпусе тремя винтами М1 и одним М1, 4.

Блок входных гнезд по устройству аналогичен примененному в осциллографе. В собранном виде он показан на рис. 60, *а*. Отличие состоит в том, что на гнезде 1 *кв* постоянного тока (левое верхнее) установлен замыкатель. При включении штеккера в это гнездо толкатель *4* поднимается и замыкает контакты *5*, подключающие выход делителя R_{28} R_{29} ко входу прибора. Контакты *5* закреплены в изоляционном держателе *6*. К корпусу *1* блока гнезд держатель *6* прикрепляют винтом *7*. Остальные детали блока аналогичны примененным в осциллографе. Их размеры показаны на рис. 60, *б — и*. Для простоты изготовления паза накладку *2* делают из двух планок: одна толщиной 2,5 *мм*, другая — 1 *мм*. В планке (2,5 *мм*) делают пропил, как показано на рис. 60, *ж*. Тонкая планка изображена на рис. 60, *з*. Чтобы центры отверстий хорошо совпадали, сверление и сборку делают с использованием фиксирующих штифтов *10*. После изготовления отверстий и паза для толкателя обе планки *2* и корпус *1* склеивают клеем БФ-2 или БФ-4. Детали сжимают струбцинами и высушивают при повышенной температуре. Толкатель *4* показан на рис. 60, *в*. Его делают из гетинакса или фторопласта. Окончательную его длину устанавливают при наладке контактов *5*. Для их изготовления используют контактные пружины от реле РЭС-9. Держатель пружин *6* изготовляют из трех пластинок гетинакса толщиной 1 *мм* (рис. 60, *д*). В верхней и нижней планках делают проточку (показана пунктиром) для пластин. Имеющееся в пластинах отверстие распиливают до диаметра 1,5 *мм*, как показано на рис. 60, *г*. При сборке через эти отверстия и отверстия в планках проходит штифт, выпиливаемый из гетинакса. Контактный узел собирают с использованием клея БФ-2 или БФ-4. После сборки и высушивания штифт с нижней стороны оставляют на высоту 1 *мм*, а с верхней — спиливают, под выступающую часть штифта в блоке делают углубление. Контактный узел устанавливают на корпус блока *1* и закрепляют винтом М1,4. Нижняя контактная пластина должна прижиматься к толкателю *4* и не замыкаться при этом с верхней. Когда в отверстие *9* вставляют штеккер или проволоку диаметром 1 *мм* с закругленным концом, толкатель *4* должен подниматься и контакты *5* — замыкаться. Подъем толкателя не должен сильно препятствовать вставлению штекера в отверстие. Блок гнезд к каркасу прикрепляют тремя винтами М1. Для них к корпусу блока привинчены накладки с резьбовыми отверстиями (рис. 60, *и*)

Каркас и передняя панель. Каркас имеет одинаковые с осциллографом размеры и выполнены также из стальных уголков.

Общий вид каркаса показан на рис. 61, *а*. Отличительная особенность конструкции заключается в том, что заднюю раму делают с левой боковой стороны со спаянной внутренней полкой. Боковой угольник задней рамы устанавливают на место и прикрепляют че-

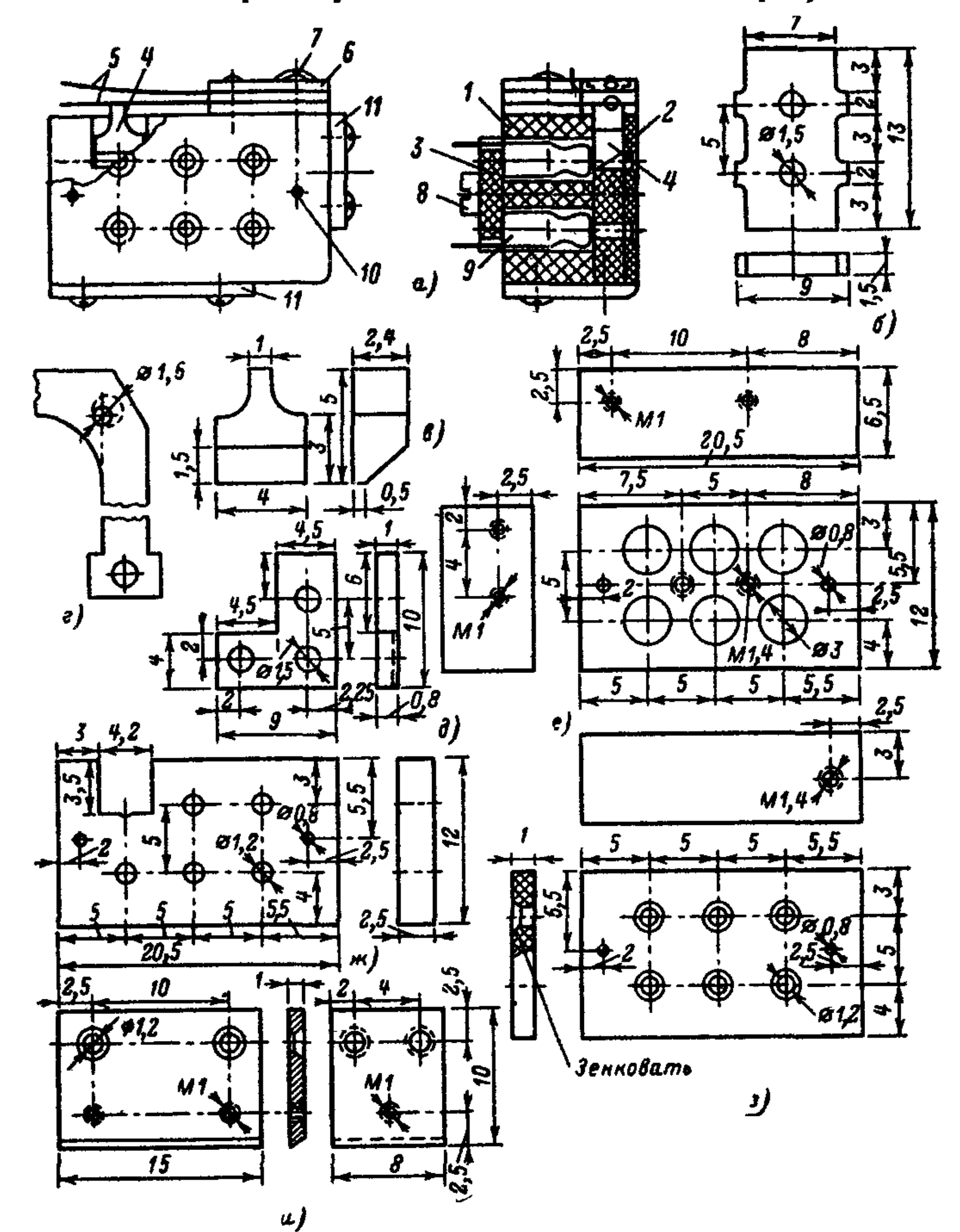
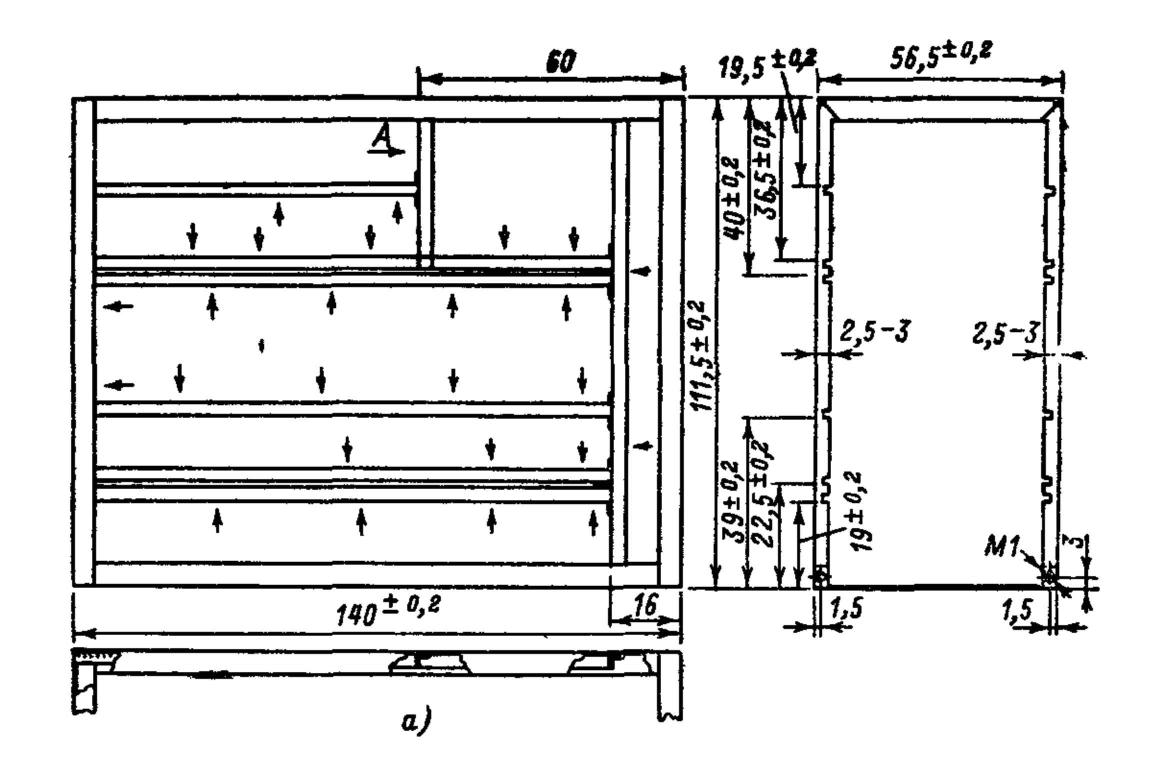
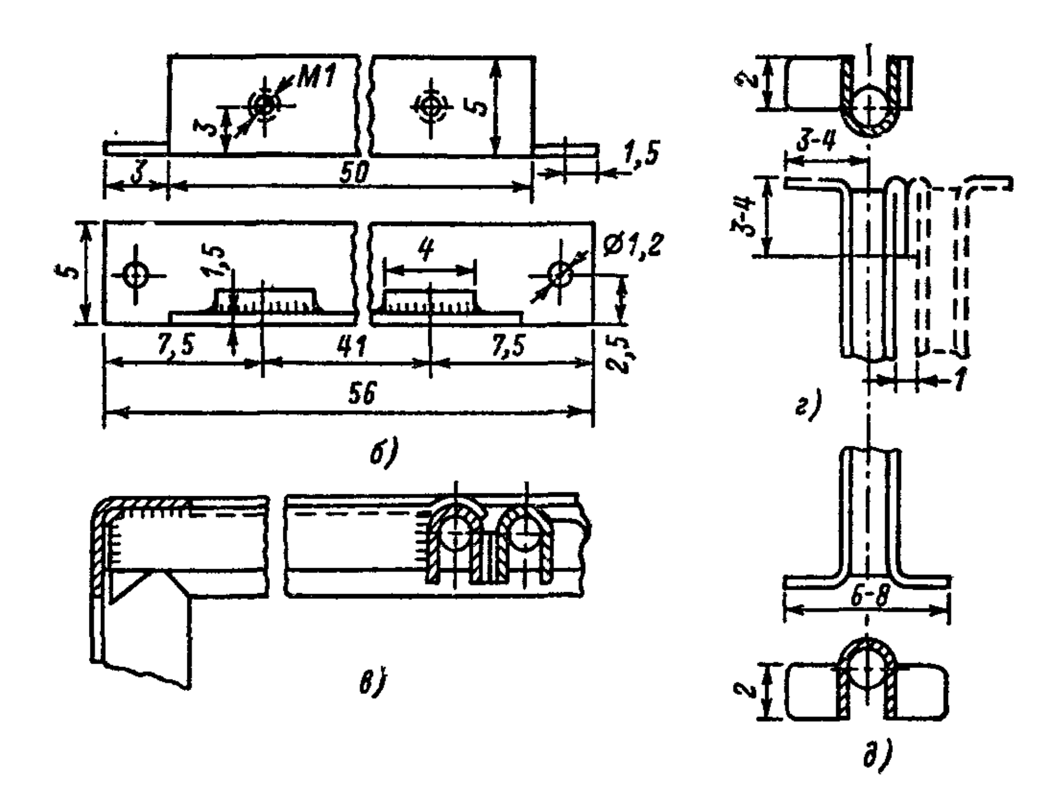


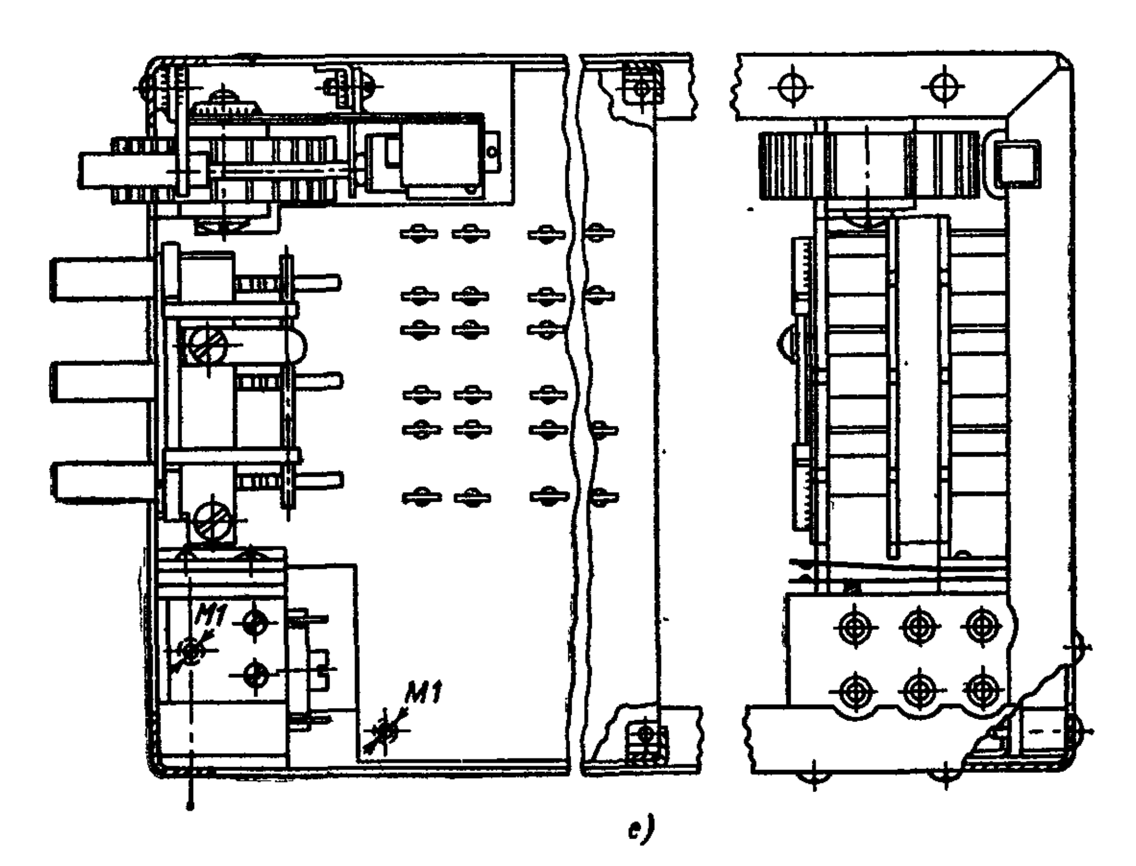
Рис. 60. Блок гнезд.

а — общий вид; *б* — накладка (*3*); *в* — толкатель (*4*); *г* — доработка пружины (*5*); *д* — планка держателя (*6*); *е* — корпус (*1*); *ж*, *з* — детали приклеиваемой накладки (*2*); *и* — накладки крепежные (*11*) — латунь.

тырьмя винтами М1 после установки в прибор платы VI. Его чертеж дан на рис. 61, *б*. Уголок на длинных сторонах задней рамы с внутренней стороны спиливают до размера 2,5—3 *мм*, как показано на рисунке. Это необходимо для того, чтобы можно было вдвигать платы с деталями. В местах, где детали при вдвигании плат не







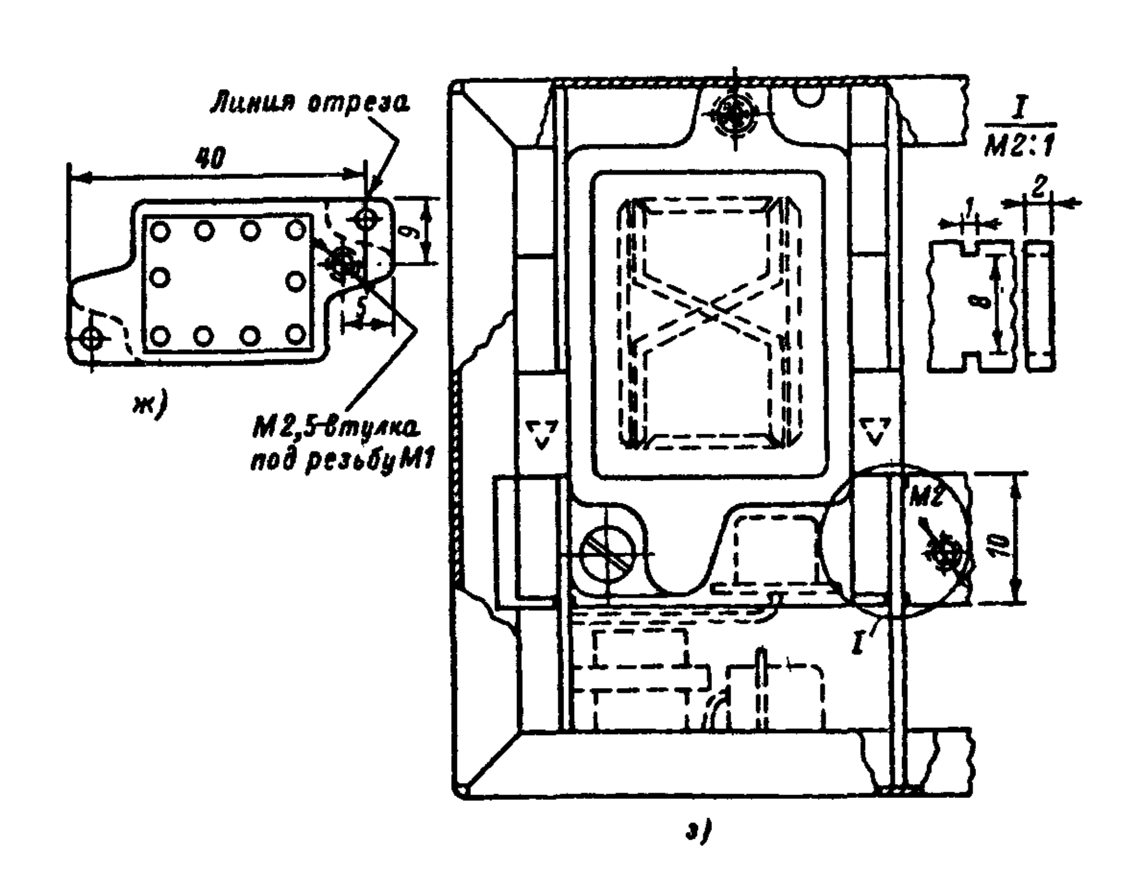


Рис. 61. Каркас и его детали.

а — общий вид; *б* — съемный левый боковой уголок задней рамы; *в* — установка перекладины для короткой направляющей, *г*, *д* — разделка концов направляющих для пайки вторец; *е* — установка в каркасе блоков потенциометра, переключателей и гнезд; *ж* — доработка табло; *з* — установка в каркасе «запятых» (платы IX, X и XI) и табло.

проходят, необходимо сделать для них проточки или уточнить их установку. Направляющие в данном приборе все закрепляют жестко. Для их крепления в передней части каркаса устанавливают перекладины из уголка 3×3×0,5 *мм.* Пайку этих уголков ведут с внутренней стороны уголка каркаса. Для коротких направляющих первой платы перекладины устанавливают между направляющими второй платы и уголком каркаса. Установка деталей этого узла показана на рис. 61, *в*. Коицы направляющих для пайки к уголку вторец разделывают Т-образно, как показаио на рис. 61, *г* и *д*.

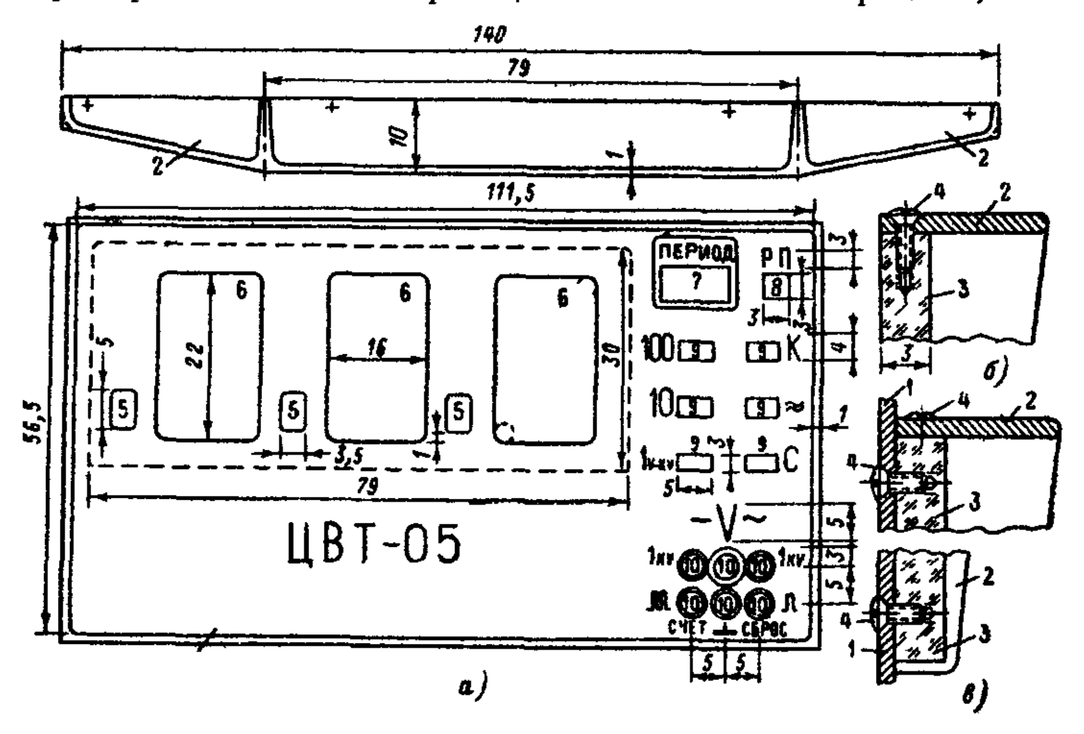


Рис. 62. Передняя панель вольтметра.

а — передняя панель (*1*) и светозащитный козырек (*2*); *б* — крепление козырька (*2*) к светофильтру (*3*); *в* — крепление фильтра (*3*) с козырьком (*2*) к передней панели (*1*); *4* — винт М1, *5* — окна запятых, *6* — окна табло, *7* — окно для R_{180}; *8* — окно кнопки «ручной пуск»; *9* — окна кнопок переключателей; *10* — места установки изоляционных втулок.

Для крепления жгутов к направляющим и уголкам каркаса припаивают полоски из мягкой латуни размером 2×10×0,2 *мм.* Как и на рисунке каркаса осциллографа, примерные места их пайки указаны стрелками (рис. 61, *а*) Установка в каркасе блоков потенциометра, переключателей и входных гнезд показана на рис. 61, *е*. Доработка корпуса цифрового люминесцентного табло для установки в каркасе прибора приведена на рис. 61, *ж*, а установка их и индикаторов «запятых» показана на рис 61, *з*. Контур расположении деталей иа платах IX, X и XI дан штрихом.

Передняя панель вольтметра также выполнена фотохимическим способом из алюминия толщиной 0,8—1 *мм* Вид ее показаи иа рис. 62, *а* На нем даны основные размеры отдельных деталей рисунка и шрифта. Расстояния этих деталей от края панели и между ними устанавливают на полностью собранном приборе. Как и в осциллографе, светозащитный козырек изготовляют вместе с панелью и потому он приведен на том же рисунке. Цифровые табло закрывают зеленым светофильтром, увеличивающим контраст и дающим

возможность работать даже при ярком освещении. Размеры светофильтра (показаны штрихом иа рис. 62, *а*), крепление его в светозащитном козырьке и установка на передней панели показаны иа рис. 62, *б* и *в*. Передняя панель к каркасу прибора прикреплена шестью винтами М1,4. В местах их установки к уголкам каркаса с внутренней стороны напаяны латунные пластинки размером 5×5×1 *мм* или уголки 5×5×1 *мм* длиной 5—6 *мм*.

Настройка

Методика настройки отдельных узлов, подробно описанная в предыдущей главе, полностью относится к основной массе блоков вольтметра. Для настройки потребуются электронный вольтметр ВК7-6, осциллограф, мост постоянного тока Р316 и высокоомный потенциометр Р307 или полуавтоматический потенциометр Р2/1. Если нет возможности достать эти приборы, то можно воспользоваться универсальным электроизмерительным прибором ВК7-1 (тестер ТТ-3), мостом постоянного тока УМВ, одним ртутно-цинковым элементом РП-53 (его применяют в фотоэлектрических экспонометрах на киносъемочных камерах), магазином сопротивлений до 100 *ком* с точностью не ниже 0,1—0,2% (КМС-6, Р14 или Р314) или комплектом резисторов: две штуки 10 *ком* С5-5 того же класса или ПТН, ПТМ, ПТМН с допуском ±0,25% и две штуки 100 *ком* тех же типов или МГП и БЛП. Резисторы 100 *ком* берут с допуском не ниже 0,5%. При измерениях для получения величин 5(50) *ком* и 20(200) *ком* их соединяют параллельно или последовательно. Необходимо также иметь чувствительный электроизмерительный прибор (чувствительность 10^{-7}—$5\cdot10^{-8}$ *а/дел*) или электронный с аналогичной чувствительностью [Л. 23].

Налаживание стабилизаторов напряжения начинается со стабилизатора — 10 *в* на транзисторе T_{41}. Стабилитрон $Д_{11}$ подбирают для получения на выходе напряжения —10±0,2 *в* при токе нагрузки 70 *ма* Его работу проверяют при снижении напряжения питания до —11,5 *в*. Если резкий спад напряжения начинается выше 12 *в*, то уточняют величину R_{85}, но при этом необходимо проверить ток через стабилитрон $Д_{11}$ при повышении напряжения питания до 17 *в* Он не должен превышать 15—18 *ма*. Далее налаживают стабилизатор —9 *в*. Стабилитрон $Д_5$ подбирают до получения на выходе напряжения —9+0,5 *в* при нагрузке 25—30 *ма*.

Затем налаживают стабилизатор +1,3 *в*. Стабилитрон $Д_6$ подбирают до получения напряжения на выходе +1,3+0,1 *в* при нагрузке 5—6 *ма*. Стабилизация должна сохраняться при снижении питающего напряжения +3 до 2,2 *в*. Стабилизатор опорного напряжения дает на выходе напряжения 4±0,5 *в* при вращении движка потенциометра R_3 и 0,4±0,1 *в* при вращении движка потенциометра R_1. Напряжение на его выходе не должно меняться более чем на 0,1—0,2 % при подключении ко входу нагрузки 2—5 *ком* Измерения эти проводят компенсационным методом [Л 29], схема которого показана на рис 63, *а*. В качестве индикатора берут прибор М117/1. Он имеет «нуль» в середине шкалы и обладает чувствительностью $5\cdot10^{-8}$ *а/дел*. При сопротивлении его рамки 4,3 *ком* полное отклонение стрелки (50 делений) происходит при напряжении на зажимах 10,75 *мв*. Следовательно, каждое деление равно почти 0,2 *мв*, и при напряжении на выходе стабилизатора 0,4 *в* отклонение не должно превышать двух-четырех делений При проведении

измерений следует учесть, что потенциометр R_5 на схеме рис. 63, *а* выводится полностью, только после того, как полностью скомпенсировано входное напряжение путем регулирования потенциометров R_1 и R_2. В противном случае индикаторный прибор может быть выведен из строя. При необходимости уточняют сопротивления резисторов R_{39}, R_{41} и R_{207}.

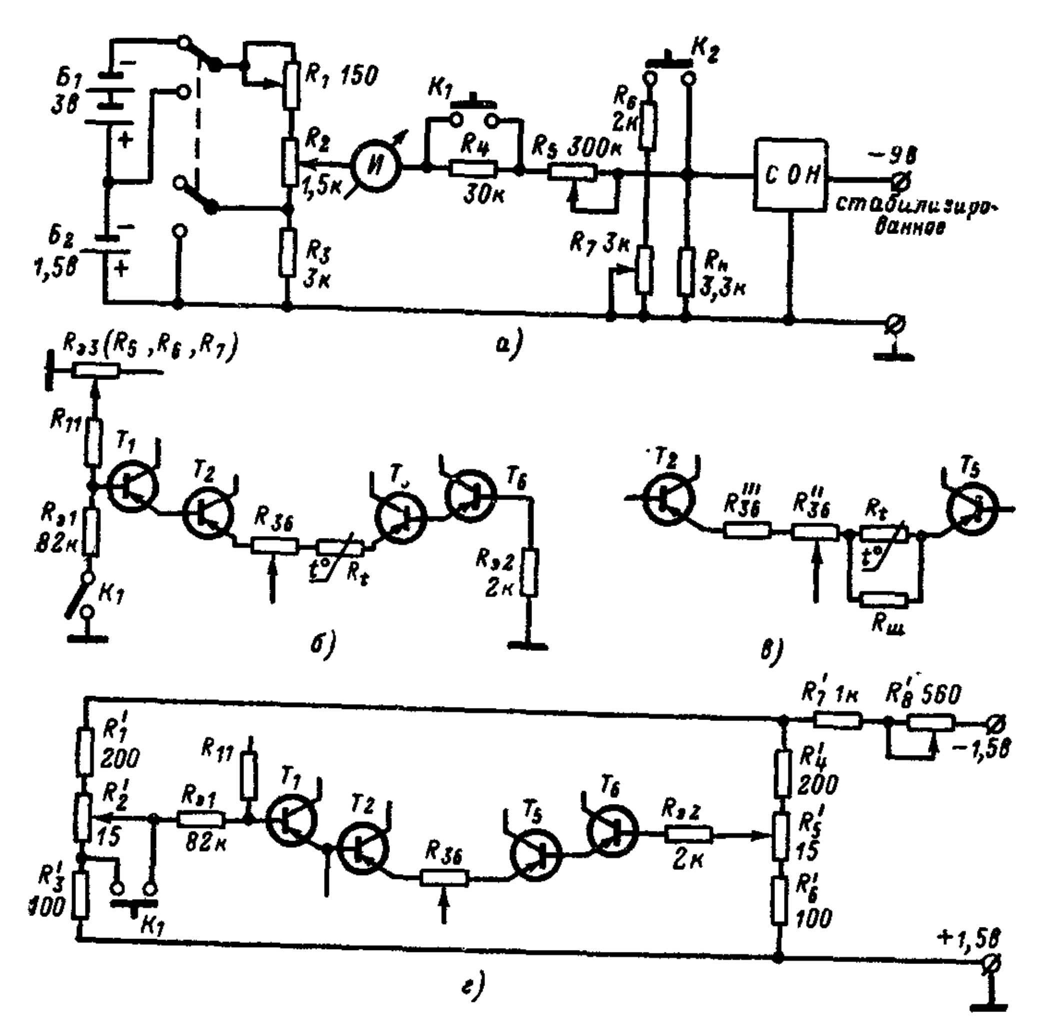


Рис. 63. Компенсационный метод измерений.

а — схема для измерения стабильности *СОН*; *б* — схема подключения входных цепей и терморезистора в *НО*; *в* — полная схема термокомпенсации *НО* терморезистором; *г* — схема подключения делителей для проверки чувствительности *НО*.

Настройка нуль-органа и генератора счетных импульсов. Настройку нуль-органа начинают с отбора транзисторов по зависимости токов коллекторов от токов баз и по изменению обратного тока коллектора $I_{\text{к0}}$ от температуры [Л. 23]. Дифференциальный усилитель нуль-органа можно термокомпенсировать введением в цепь эмиттера одного из транзисторов (T_2 или T_5) терморезистора СП-17 или СТЗ-17 [Л. 30]. Схема его включения показана на рис. 63, *б*. На этом же рисунке показаны эквиваленты входных цепей нуль-органа. Налаживание начинают с установки «нулевых» напряжений на базах транзисторов T_1 и T_6: изменяя сопротивления резисторов R_{37} и R_5 (R_6), добиваются такого положения, когда при нажатии ключа K_1 (рис. 63, *б*) изменение напряжения между коллекторами транзисторов T_2 и T_5 будет минимальным. Коэффициент усиления дифференциального усилителя должен быть не менее 20. Повысить коэффициент усиления можно уменьшением номинала переменного резистора R_{36}. Усиления больше 30 таким методом добиваться не следует, так как при этом ухудшается термостабильность нуль-органа. После подключения транзисторов T_3 и T_4 проверяют чувствительность нуль-органа. Для этого коллектор транзистора T_3 через резистор 100 *ком* соединяют с источником +3 *в*. На входы усилителя подают напряжения примерно 50 *мв* с разностью между ними 5—6 *мв*, как показано на рис. 63, *г*. Резистором R_{36} добиваются момента срабатывания ключа — отпирания транзисторов T_3, T_4. При замыкании резистора R_2' кнопкой K_1 транзисторы T_3, T_4 должны вновь закрыться. Уменьшая величину R_2' и уточняя положение движка потенциометра R_{36}, добиваются минимальной разницы входных напряжений, при которой срабатывают транзисторы T_3, T_4. Она должна быть менее 2 *мв*. Если этого добиться не удается, необходимо заменить транзистор T_4 на транзистор с большим усилением. После этого необходимо вновь проверить установку режима по «нулевым» напряжениям на базах входных транзисторов. При необходимости уточняют величины R_5 (R_6) и R_{37}. Движок потенциометра R_{36} должен оставаться в прежнем положении. Такую регулировку проделывают 2—4 раза до получения удовлетворительного результата.

Одновременно с этим проверяют работу фазоинвертора каскада сигнализации неправильной полярности — транзистора T_9. Подбором резистора R_{31} напряжение на его коллекторе устанавливают 4—5 *в* (сопротивление резистора R_{31} не должно быть менее 100 *ком*). На вход нуль-органа подают положительное напряжение примерно 10—50 *мв* и определяют коэффициент усиления по напряжению инвертора. Он должен быть в пределах 5—20. Термостабильность нуль-органа проверяют при нагревании развернутой схемы в термостате до температуры +45° С и охлаждении до +5° С. При этом необходимо принять меры от неравномерности теплоотдачи элементов при конвекционном движении воздуха. Для этого развернутую схему помещают в плоский картонный коробок. Нагрев ведут ступенями по 7—10° С. После того как температура установится, определяют величину рассогласования усилителя на выходе. Она не должна превосходить 10—15 *мв* на каждые 10° С. Если уход больше, тогда необходимо ввести температурную компенсацию, как показано на рис. 63, *б*.

Терморезистор включают в эмиттерную цепь того плеча усилителя, которое должно при увеличении температуры уменьшаться для сохранения равновесия. Определить это нетрудно, подключая между движком резистора R_{36} и одним из его выводов резистор сопротивлением 10—20 *ком*. Если вместо постоянного резистора подключить потенциометр, то, зная сопротивление этого участка резистора R_{36} (R_{36}') при нормальной температуре и величину $R_ш'$ при повышенной, можно найти необходимое изменение сопротивления: $\Delta r_t = R_{36}' - r_t$, где $r_t = R_{36}' R_ш' / (R_{36}' + R_m')$. Зная величину изменения температуры ($t°$ С), находим температурный коэффициент: $\alpha = \Delta r_t / t°$, *ом*/°С. В литературе [Л. 30, 31] и справочниках для терморезисторов приведены ТКС в %/°С при 20°С (α_t'), а абсолютные изменения сопротивления на 1° С находят как: $\alpha_t = \alpha_t' R_t / 100$,

ом/°C. Полагая $\alpha \leqslant \alpha_t$, получаем выражение для нахождения требуемого номинала терморезистора $R_t \geqslant 100\alpha/\alpha'_t$, здесь α'_t берут минимальное для данного типа, а R_t выбирают ближайшее большее. Для получения требуемого изменения сопротивления на 1° С терморезистор шунтируют резистором ($R_ш$), сопротивление которого первоначально находят, исходя из среднего значения ТКС — $\alpha_{t\,ср}$. Полагая, что $\alpha = \alpha_{общ}$ [Л. 30], где $\alpha_{общ} = \alpha_{t\,ср} R_ш/(R_ш \pm R_t)$, находим $R_ш = R_t \alpha/(\alpha_{t\,ср} - \alpha)$.

Сопротивление термокомпенсирующей цепочки находят как: $R_{общ} = R_t R_ш/(R_t + R_ш)$. Так как величина $R_{общ}$ может быть достаточно большой, то схема эмиттерной цепи дифференциального усилителя приобретает вид, показанный на рис. 63, *в*. Номинал потенциометра R''_{35} берут меньше R_{36} приблизительно на величину $2R_{общ}$. Величину R'''_{36} находят после этого как $R'''_{36} = R_{36} - R''_{36} - R_{общ}$. Усилитель с введенной термокомпенсацией испытывают и при необходимости уточняют $R_ш$ (а также и R'''_{36}). Для установки этих резисторов на печатной плате II предусмотрены специальные контактные площадки. Соединяющие их печатные проводники при этом удаляют.

Генератор счетных импульсов налаживают при отпертом ключе нуль-органа (T_3, T_4), показанного на рис. 63, *г*. Для этого на внешний вход усилителя (база T_1) подают отрицательное напряжение. Налаживание сводится к получению устойчивой генерации при отпертом ключе нуль-органа *НО* и ее отсутствии при запертом. Частота импульсов, вырабатываемых блокинг-генератором — 6÷6,5 *кгц*. Ее подгоняют путем подбора сопротивлений резисторов R_{71}(R_{72}), R_{73} и емкости конденсатора C_7. Амплитуда положительных импульсов на коллекторе транзистора T_{38} должна быть не менее 10 *в*. При отпертом ключе T_3 отпирание блокирующего транзистора T_{36} должно приводить к срыву колебаний блокинг-генератора. Это проверяют при отключенном конденсаторе C_{23} путем отключения резистора R_{73} от коллектора транзистора T_{40} (T_{40} при этом заперт).

Замыкание конденсатора C_{17} должно менять картину на обратную — транзистор T_{36} не должен оказывать влияние на работу блокинг-генератора. После подключения конденсатора C_{23} к коллектору транзистора T_{36} проверяют работу каскада блокировки по счету. Для этого коллектор транзистора T_{36} отключают от резистора R_{71} и подключают к эквиваленту нагрузки (резистор 75 *ком*, другой конец которого подключается к шине —13,5 *в*). Параллельно транзистору T_{36} подключают вольтметр со шкалой 15 *в*. При отсутствии колебаний блокинг-генератора (на вход *НО* не подано отрицательное напряжение) прибор должен показывать напряжение примерно 1—2 *в* (остаточное напряжение на отпертом транзисторе T_{36}). При возбуждении колебаний блокинг-генератора подачей на вход *НО* отрицательного напряжения прибор должен показывать почти полное напряжение питания (—13,5 *в*). При неполном запирании транзистора T_{36} увеличивают емкости конденсаторов C_{16}, C_{17} и C_{23}. Коллектор транзистора T_{36} вновь подключают к схеме и проверяют совместную работу всего узла. Подключение к внешнему входу *НО* отрицательного напряжения не должно вызывать возникновения колебаний в блокинг-генераторе. Подача на базу транзистора T_{36} положительного импульса амплитудой 5—8 *в* и длительностью 1—2 *мсек* должна вызывать возникновение колебаний, которые

прекращаются только при отключении напряжения с внешнего входа *НО* или подключении точно такого же ко внутреннему его входу (база T_6). Положительный пусковой импульс можно получить разряжая на резистор R_{74} конденсатор емкостью 0,033—0,05 *мкф*, предварительно заряженный до напряжения 10—12 *в*. При подключении его к резистору R_{74} «плюсовой» конец должен быть соединен с базой транзистора T_{36}. Подключать можно тумблером МТ-3 или движковым переключателем ПДМ-2-1. Сопротивление резистора R_{79} уточняют при налаживании счетчика.

Налаживание счетчика импульсов и ПКН При исправных деталях и правильном монтаже триггеры счетчика, как правило, начинают работать сразу. Запускаются они от блокинг-генератора счетных импульсов. Резистором R_{79} подбирают требуемую величину запускающего импульса для первого триггера. Проверяют также и при изменениях питающих напряжений в пределах, указанных в табл. 4. Работу триггера контролируют по осциллографу. Налаживание остальных двух декад счетчика сначала начинают при разомкнутых обратных связях (конденсаторы C_{41} и C_{53} отключают от коллекторов транзисторов T_{52} и T_{60}). Каждый последующий триггер должен выдавать выходные импульсы, вдвое большей длительности, чем предыдущий. При сбоях необходимо подобрать величину запускающего импульса с предыдущего триггера (при этом суммарное сопротивление резисторов должно оставаться прежним) или уточнить емкость дифференцирующих конденсаторов. После замыкания обратных связей декады должны делить частоту входных импульсов на 10. Это легко проверить по осциллографу. При сбоях необходимо также уточнить емкости дифференцирующих конденсаторов в цепях обратной связи (C_{41} и C_{53}). Работу всех триггеров целесообразно проверить при нагрузке 15—20 *ком*, а также при запуске одиночными импульсами.

Налаживание *ПКН* начинают с проверки работы ключей (подекадно, начиная со второй) вольтметром с достаточно высоким входным сопротивлением. Для этой цели к соответствующим ключам подпаивают резисторы (лучше всего с 5%-ным допуском) 5,1, 10 и 20 *ком*. Резистор сопротивлением 20 *ком* так же подключают как нагрузку *ПКН*. На шину опорного напряжения *ПКН* подают 4—5 *в*, а к выходной шине подключают прибор. При счете одиночных импульсов прибор должен изменять свои показания ступенями по 0,1 от опорного. При подключении вместо нагрузочного резистора *ПКН* (20 *ком*) двух резисторов по 39 *ком* (одного в нагрузку *ПКН*, а другого к ключу третьей декады) прибор при счете одиночных импульсов должен изменять свои показания по 0,05 от опорного. При движении стрелки беспорядочными скачками следует проверить правильность электрических соединений, правильность подключения резисторов и работу триггеров декады. Первую декаду проверяют аналогично, при этом резисторы из второй декады переносят в нее, а резистор из третьей (39 *ком*) подключают параллельно нагрузке. Наблюдать ступенчатое напряжение можно и на осциллографе, когда на вход счетчика подаются импульсы от генератора счетных импульсов.

Если для *ПКН* первой декады применены резисторы С5-717, то их можно брать с расчетным допуском 0,5%. При отличии имеющихся номиналов этих резисторов от требуемых по схеме следует либо подогнать их сопротивления под требуемое подключением последовательного или параллельного резистора, либо пересчитать

остальные резисторы *ПКН*. При подгонке резисторов необходимо учитывать ТКС, применяемых для подстройки типов резисторов. Для МЛТ он составляет ±0,07%/°С, а для ВС-0,125 (УЛМ-0,12) — минус 0,12%/°С. Поэтому при использовании для подстройки обычных резисторов подгонка целесообразна в пределах 10—12% от номинала.

Если предполагается ограничение температурных условий (работа только в отапливаемом помещении), то предел подгонки может быть расширен до 15—20% и в этом случае предпочтительнее

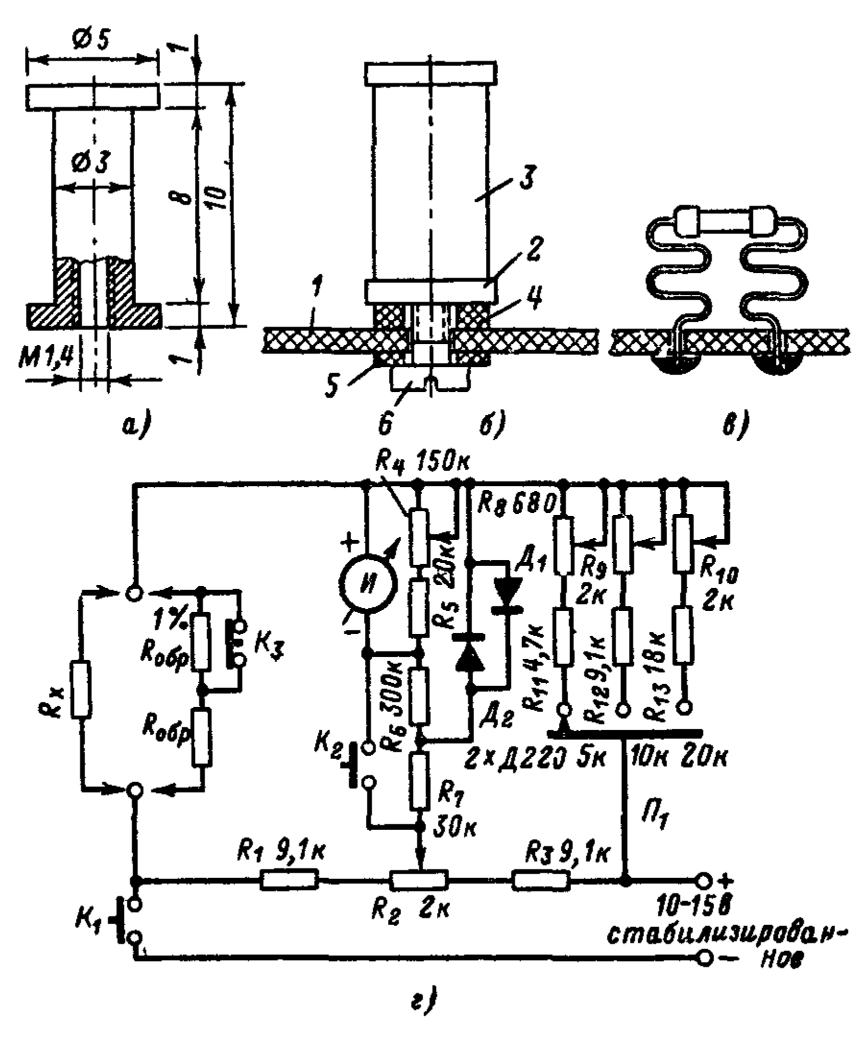


Рис. 64. Сопротивления для *ПКН*.

а — каркас, *б* — крепление катушки; *в* — установка резисторов ВС 0,125; *г* — схема процентного моста, *1* — печатная плата; *2* — катушка, *3* — обмотка; *4, 5* — изоляционные шайбы; *6* — винт М1,4.

брать резисторы ВС, так как их ТКС всегда отрицателен и это явление может быть использовано при подгонке: суммарную величину сопротивления резистора устанавливают несколько больше номинала (в пределах допустимого), а при увеличении температуры она сначала становится равной ему, а затем уменьшится. При этом прибор все время будет оставаться в пределах своего класса. Пересчет остальных резисторов целесообразен при наличии микропроволочных резисторов, отвечающих соотношению 1—2—4 или близких к нему величин.

При отсутствии точных резисторов их можно сделать самостоятельно. Для этого нужен манганиновый провод ПЭВМТ-1 или ПЭВМТ-2 диаметром 0,02—0,025 *мм*. Намотку ведут бифилярно на катушки из латуни, алюминия или фарфора (основанием может служить фарфоровая трубочка от резистора МЛТ-0,5), размеры ее показаны на рис. 64, *а*. Металлическую катушку покрывают одним-двумя слоями жидкого клея БФ-2. После предварительной подгонки (с запасом на 2—3%) резисторы подвергают старению. Для этого проводят 5—8 циклов нагрева их до температуры +120±10° С с выдержкой при ней 7—8 *ч* и охлаждении при комнатной температуре продолжительностью 2—3 *ч*. После старения окончательно подгоняют и устанавливают резистор на плату. Прикрепляют катушки винтами М1,4 (рис. 64, *б*).

Можно использовать и резисторы ВС-0,125 после проведения искусственного старения. Оно заключается в периодическом нагревании резистора переменным электрическим током. Рассеиваемая при этом мощность должна быть на 10—25% больше номинальной. Цикл состоит из нагревания в течение 1,5—2 *ч* и 0,5—1 *ч* охлаждения при комнатной температуре. Количество циклов определяют опытным путем (примерно, 30—50). Для старения необходимо отобрать по 10—15 резисторов каждого номинала. Перед началом старения сопротивления всех резисторов необходимо измерить с достаточной точностью (0,1—0,2%). Для этой цели нужен измерительный мост [Л. 32]. Если имеются хотя бы два точных резистора по 10 *ком* (С5-5) с точностью не ниже 0,05—0,1% и чувствительный гальванометр (М117/1) или прибор с транзисторным усилителем такой же чувствительности [Л. 23, 32], можно собрать процентный мост [Л. 33].

Схема его показана на рис. 64, *г*. Мост предварительно балансируют при подключенном к зажимам R_x образцовом резисторе $R_{обр}$. Отклонение измеряемого сопротивления от номинального определяют по шкале индикатора. Ее нетрудно отградуировать непосредственно в процентах. Для этого после балансировки моста последовательно с $R_{обр}$ подключают резистор, сопротивление которого равно 1% от $R_{обр}$ (100 *ом* для 10 *ком*). Полученное отклонение и соответствует увеличению сопротивления на 1% (в другую сторону от «нуля» — уменьшению на 1%). Для удобства отсчета прибор шунтируют резисторами R_4 и R_5 так, чтобы получить целое и удобное для расчетов число делений. Проведение измерений с таким мостом просто и дает достаточную точность. Измерение сопротивлений тренируемых резисторов следует проводить при комнатной температуре после полного остывания (через 30—40 *мин* после выключения) каждые 10—12 циклов.

Для отбора по ТКС оставляют те резисторы, у которых к концу тренировки сопротивление стабилизировалось. Отбор по ТКС проводят при температуре +45÷—50° С. Перед помещением в термостат от каждого резистора делают отвод с его номером. После того как температура в термостате установится, измеряют и отбирают резисторы с наименьшими и по возможности более близкими значениями ТКС.

Для установки подгоночных резисторов на печатной плате предусмотрены дополнительные места. Окончательно подгонять сопротивления целесообразно после установки основных резисторов на плату. Выводы их изгибают «змейкой» (рис. 64, *в*), при пайке необходимо применять теплоотвод. После сборки *ПКН* может быть

проверена его работа совместно с нуль-органом. Для этого его соединяют с *ПКН* и со стабилизатором опорного напряжения, как полагается по схеме, и на внешний вход нуль-органа подают напряжение 1,5—3 *в*. Счетчик сбрасывают на нуль и на транзистор T_{36} подают пусковой импульс. После уравновешивания схемы напряжение на выходе *ПКН* и на входе нуль-органа должно быть примерно одинаковое. Разница происходит от падения напряжения во входной цепи, но отношение $U_{вх}/U_{пкн}$ при различных входных напряжениях должно оставаться постоянным.

Налаживание дешифратора и шифратора начинают с проверки работы ключей на транзисторах T_{85}—T_{80}. Для этого их соединяют с соответствующими выходами триггеров счетчика, а на их коллекторные резисторы подают питание —9 *в* (от внешнего источника). Счетчик сбрасывают на нуль и вольтметром проверяют напряжение на коллекторах ключей: на отпертых ключах оно должно быть около нуля, а на запертых —9 *в*. При этом шины 0 в матрицах первой и второй декад должны находиться под высоким потенциалом, а остальные иметь потенциал, близкий к нулю. Подавая на счетчик одиночные импульсы, проверяют последовательность перехода высокого потенциала сначала на шину *1*, затем на шину *2* и т. д. (см. рис. 47), а также напряжения на коллекторах ключей. Если напряжение на отпертом ключе имеет значительную отрицательную величину, следует уточнить сопротивление его базового резистора или заменить транзистор. Прибором также проверяют наличие высокого потенциала на выходах матриц согласно табл. 5. Высокий потенциал на неположенных для данного состояния счетчика шинах свидетельствует либо о неправильном монтаже, либо о неисправности диода и его необходимо заменить.

Налаживание схемы индикатора. Все изготовленные для блокинг-генераторов трансформаторы проверяют на отдельно собранной схеме (рис. 48, *л*). Выходное напряжение с трансформатора лучше всего проверять по свечению одного из элементов табло. Для этой цели можно использовать элементы *Г* и *Е* на табло для третьей декады, так как в приборе они не используются. При смене трансформаторов яркость свечения на глаз должна быть примерно одинаковой. Потребляемый генератором ток при этом должен быть около 3—4 *ма*. При больших отклонениях режима транзистора следует проверить исправность трансформатора или правильность его намотки. Собранные на проверенных трансформаторах блокинг-генераторы подключают к выходам матриц и соответствующим элементам табло. Резисторы в базовых цепях транзисторов каждого генератора и шунтирующего его ключа подбирают по четкости управления и яркости свечения элементов табло. Наблюдение при этом необходимо вести через достаточно плотный зеленый светофильтр. При выборе светофильтра следует отдать предпочтение зеленому стеклу с голубоватым оттенком.

Налаживание пускового устройства, сигнализатора полярности и каскада управления питанием матриц начинают с компаратора на транзисторах T_{34}, T_{35}. При плавном повышении напряжения на его входе транзисторы должны скачком переходить в отпертое состояние. Происходить это должно тогда, когда напряжение на входе превысит напряжение на стабилитроне $Д_{22}$ примерно на 1 *в*. Скачок должен иметь достаточно крутой фронт, что достигается благодаря цепи положительной обратной связи ($R_{177}C_{58}$). При отключении напряжения со входа компаратора его транзисторы должны вновь перейти в запертое состояние. При неуверенном срабатывании подбирают величины R_{177}, C_{58} и C_{59}. К выходу компаратора подключают одновибратор на транзисторах T_{62}, T_{63}. При срабатывании компаратора одновибратор должен вырабатывать импульс длительностью 4—6 *мсек*.

При неуверенном запуске необходимо увеличить крутизну фронта компаратора или увеличить переходную емкость конденсатора C_{61}. С выхода усилителя на транзисторе T_{61} должен сниматься положительный импульс амплитудой 7—9 *в* с крутыми фронтами. Во время импульса разрядный транзистор T_{64} должен быть насыщен, что проверяют по остаточному напряжению на его коллекторе при токе 10 *ма*. Оно не должно быть выше 1,2 *в*. Базовый резистор берут на 30—50% меньше той величины, что соответствует началу насыщения (прекращению резкого падения напряжения на коллекторе при увеличении тока базы), но не менее 10 *ком*. В противном случае необходимо подобрать другой транзистор с большим усилением, но с таким же начальным током (менее 0,2—0,3 *мка* при $U_к=6$ *в*). После подключения транзистора T_{64} и конденсатора C_{56} к схеме в ней должны возникнуть периодические релаксационные колебания. Их период задается резисторами R_{179}, R_{180}, сопротивления которых подбирают из требуемой периодичности замеров. При номиналах, указанных на схеме, периодичность меняется от трех в секунду (R_{179}) до трех в минуту ($R_{179}+R_{180}$). Если при полностью введенном потенциометре R_{180} резко удлиняется время или релаксация вообще срывается, тогда следует проверить ток утечки конденсатора C_{56} и начальный ток коллектора транзистора T_{64}. Целесообразно проверить работу пускового устройства при повышенной температуре.

Налаживание сигнализатора полярности начинают с проверки срабатывания каскада при подаче на его вход отрицательного смещения. Для этого диод $Д_{25}$ соединяют через резистор 200 *ком* с шиной —9 *в*. При этом транзисторы T_{81}—T_{64} должны быть отперты. В точку соединения резистора 200 *ком* и диода $Д_{25}$ подключают потенциометр на 1 *Мом* (другой конец его соединен с корпусом) и, постепенно уменьшая его сопротивление, добиваются момента запирания транзистора T_{84}. При этом разница в напряжении между его входом (диод $Д_{25}$, резисторы 200 *ком* и 1 *Мом*) и эмиттером транзистора T_{81} должна быть в пределах 1—2 *в*. Если она больше, то уточняют делитель R_{194}, R_{195}. После этого вход каскада подключают к коллектору транзистора T_9 и подбором резистора R_{192} при среднем положении резистора R_{193} находят момент срабатывания каскада при нулевом напряжении на входе нуль-органа. Потенциометром R_{193} устанавливают напряжение на эмиттере транзистора T_{81} таким, при котором транзисторы T_{83} и T_{84} находятся на грани отпирания. На вход нуль-органа подают положительное напряжение с потенциометра, питаемого от одного элемента 373, и находят напряжение срабатывания каскада указателя знака. Оно должно быть примерно 5—15 *мв*. Плату нуль-органа и каскада неправильной полярности помещают в термостат и нагревают на 10°. Шунтируя резистор R_{191} потенциометром на 30—50 *ком*, определяют необходимые пределы его изменения для термокомпенсации. Критерием для отсчета служит момент отпирания транзистора T_{84} при нулевом напряжении на входе нуль-органа. Движок переменного резистора R_{193} при этом должен находиться в прежнем положении. Термоком-

пенсирующую цепочку рассчитывают аналогичным, описанным для нуль-органа, способом.

Налаживание каскада питания матриц начинают с проверки работы ключа на составном транзисторе T_{86}, T_{87}. При запертом транзисторе T_{84} транзистор T_{87} должен быть насыщен и падение напряжения на нем должно составлять десятые доли вольта. Отпирание транзистора T_{84} должно приводить транзистор T_{87} в запертое состояние, и на матрицах напряжение должно падать практически до нуля или становиться положительным. При неполном запирании транзистора T_{87} уточняют сопротивление резистора R_{202}. Получить надежное запирание транзистора T_{87} можно также включением в его эмиттерную цепь плоскостного германиевого диода Д310 в прямом направлении. Для этой цели на плате V предусмотрены специальные контактные площадки Транзистор T_{85} служит для управления ключом T_{86}, T_{87} во время работы счетчика. Положительное напряжение на его базу подается через схему ИЛИ ($Д_9$, $Д_{10}$) при отпирании транзистора T_{40} или T_{61}. Глубину насыщения регулируют резистором R_{198}. Транзистор T_{88} отпирается и запирается вместе с ключом T_{86} и T_{87}. Четкость его работы определяется делителем R_{205}, R_{206}. Необходимое напряжение на шинах матриц $ЗН_2$ определяется делителем R_{199}, R_{200}.

Настройка источника образцового напряжения и входных цепей вольтметра. После подбора стабилитронов $Д_{12}$ и $Д_{13}$ по требуемому напряжению стабилизации и предварительному подбору резисторов делителя измеряют его напряжение и проверяют термостабильность. Эту работу следует провести с достаточной точностью, так как от качества источника образцового напряжения зависит точность работы прибора в дальнейшем и особенно при изменении внешних условий Если нет возможности проделать эту работу промышленными потенциалами (компенсаторами) постоянного тока, то удовлетворительные результаты можно получить, используя какой-либо вариант компенсационного метода [Л. 23, 29, 33], оформленный в виде регулировочного стенда.

В работе Ю. И. Грибанова [Л 23] достаточно детально рассмотрено несколько вариантов их построения и принципы действия. На рис. 65, *а* изображена схема измерительного стенда для настройки прибора. Для его сборки необходимо иметь 47 резисторов сопротивлением 1 *ком* следующих точностей: для R_4—R_{25} — 0,05% (допустима точность 0,1%), для R_{26}—R_{40} — 0,25% (0,5%) и для R_{41}—R_{50} — 2% (5%).

Кроме того, необходимы резисторы сопротивлением 10 и 90 *ком* также с точностью 0,05% (0,1%), микроамперметр М117/1 или прибор с транзисторным усилителем и один ртутно-цинковый элемент. Их э. д. с. (1,36 *в*) почти не зависит от времени хранения, температуры и степени разряженности элементов [Л. 34]. Средний температурный коэффициент э. д. с. для этих элементов в интервале температур от 0 до 50° С составляет не более +0,004% на градус, что позволяет не учитывать влияние температуры при работе в помещении.

Остальные резисторы, указанные на схеме, имеют допуски 5 и 10%. Переключатели $П_1$ и $П_2$ — двухплатные на 11 положений, $П_3$ — одноплатный, две кнопки $К_1$ и $К_2$ — КМ-1, тумблеры $П_4$, $П_5$ — МТ-1 и МТ-3. При отсутствии точных резисторов на 10 и 90 *ком* они могут быть заменены десятью одинаковыми резисторами на 8,2—12 *ком*, отобранными на процентном мосте с требуемым до-

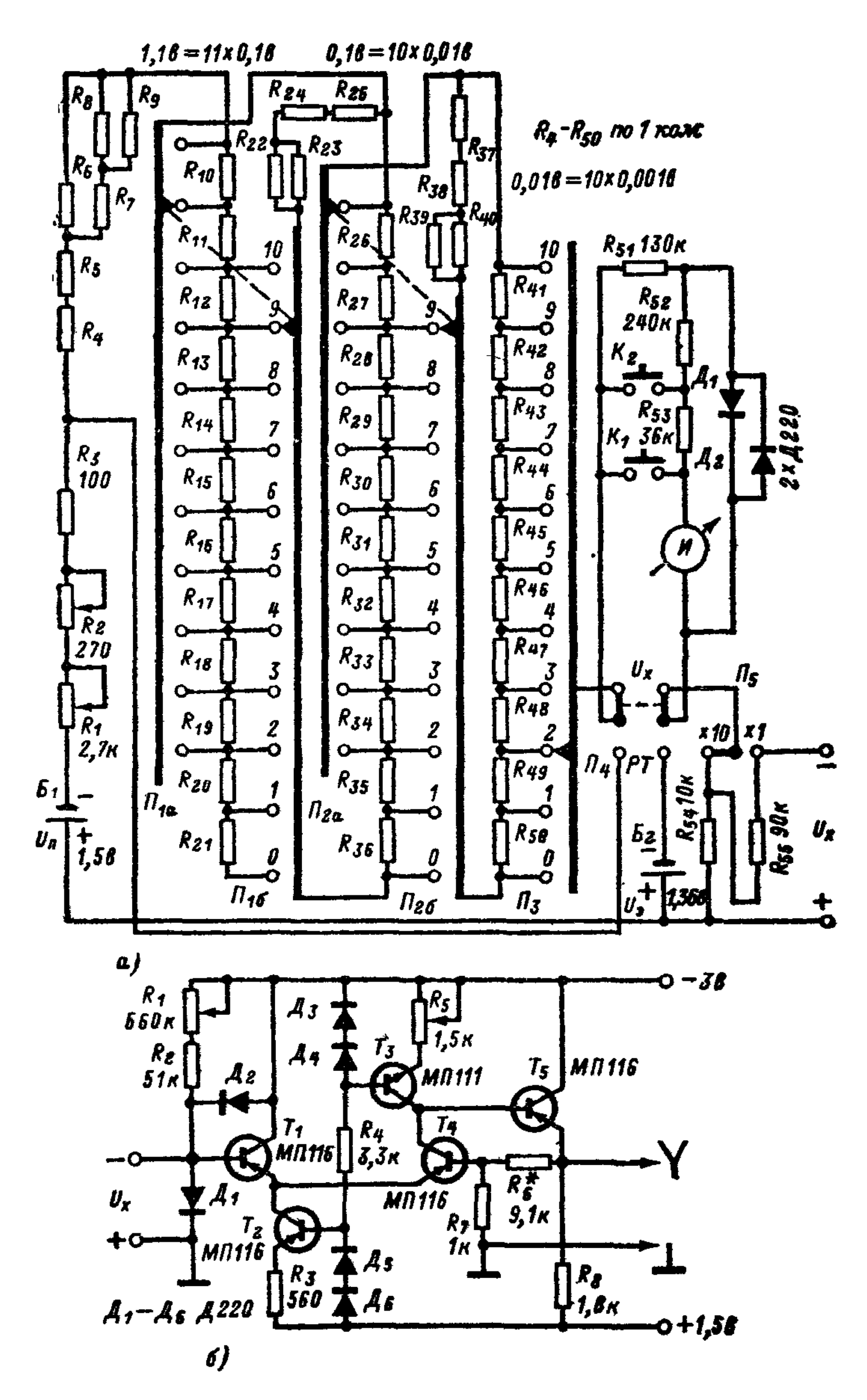


Рис. 65. Стенд для налаживания *ИОН*.

а — схема стенда; *б* — схема усилителя со стабильным $К_у$ = 10 и малым дрейфом.

пуском (0,05%). Питается прибор от одного элемента 373. Рабочий ток — 0,1 *ма*. Емкости элемента хватает на несколько лет непрерывной работы. Постоянный разряд элемента способствует стабилизации рабочего тока и поэтому его отключать не следует. Для измерения следует тумблер $П_4$ установить в положение РТ (рабочий ток) и потенциометром R_1 добиться нулевого показания индикатора *И*. Когда кнопки K_1 и K_2 не нажаты, установка рабочего тока происходит «очень грубо». Затем нажимают кнопку K_2 — «грубо» и по достижении нулевых показаний вращением оси потенциометра R_1 (R_2) нажимают кнопку K_1 — «точно». Окончательно устанавливают рабочий ток только потенциометром R_2. Если при этом нуль на индикаторе устанавливается с трудом, то можно добавить еще один потенциометр на несколько десятков омов. Тумблер $П_4$ переключается в положение U_x и, переключая $П_1$, $П_2$ и $П_3$, добиваются нулевого показания индикатора. По положению переключателей определяют напряжение. В показанном на рис. 65, *а* положении напряжение равно 0,992 *в*. Напряжение *ИОН* делится на резисторах R_{54} и R_{55} на 10, и, следовательно, оно равно 9,92 *в*.

Перед регулировкой термостабильности *ИОН* целесообразно подогнать делитель. Его выполняют из резисторов ВС-0,125 или МЛТ-0,125. Для получения большой точности при температурных изменениях и во времени резисторы в него надо ставить после старения и подбирать с близкими значениями ТКС, а для МЛТ — и одного знака. Делитель подгоняют резисторами, отмеченными двумя звездочками в табл. 6. Деление на 10 проверяют сравнением (с помощью стенда) выходного напряжения делителя *ИОН* с выходным напряжением делителя стенда, который также подключают к выходу *ИОН*. По окончании подгонки делитель стенда отключают и напряжение в дальнейшем контролируют по выходу делителя *ИОН*.

Теперь необходимо ввести в схему делителя резистор R_{20}, которым устанавливают необходимое напряжение на его выходе (9,80±0,05 *в*). Его находят из выражения $R_{20}=(U_н-U_д)R_д/U_д$, где $U_н$ — напряжение с выхода *ИОН*, $U_д=9{,}8$ *в* и $R_д=9{,}6$ *ком*. Для приведенного примера $R_{20}=(9{,}92-9{,}80)\times 9{,}6/9{,}8\approx 0{,}118$ *ком* $=$ $=118$ *ом*. В этом случае резистор R_{20} может быть составлен из двух: 100+18 *ом*. После проверки полученного $U_д$ на стенде *ИОН* помещают в термостат и определяют его уход на 1° С. Допустим, что при нагревании на 10° С напряжение на выходе делителя стало 9,83 (при пересчете на коэффициент деления), а следовательно, на выходе *ИОН* оно более 9,940 *в*. Его уход составляет 2 *мв*/°С. Это больше допустимого изменения. Путей здесь может быть два: во-первых, подобрать термокомпенсирующие диоды или подать на них дополнительное смещение до получения требуемого ТКН [Л. 26], во-вторых, ввести термокомпенсацию в делитель [Л. 30].

В первом случае получение хорошего результата требует длительной и кропотливой работы. Во втором — результат может быть получен значительно быстрее, но требуется наличие позисторов (терморезисторы с положительным ТКС). Как видно из взятого примера, стабилизатор *ИОН* недокомпенсирован — напряжение на его выходе увеличивается с повышением температуры, и для того чтобы на делителе оно не изменялось, необходимо одновременно с повышением температуры увеличивать и сопротивление резистора R_{20} (в случае перекомпенсированного стабилизатора, наоборот, уменьшать). Его сопротивление при повышенной температуре должно быть $R_{20t}=(9{,}94-9{,}80)\cdot 9{,}6/9{,}8\approx 0{,}137$ *ком*. Следовательно, его прирост на 1° С должен составлять $\alpha_{общ}=(137-118)/10=1{,}9$ *ом*/°С или $\alpha_{общ}=1{,}6\%$/°С. При величине $\alpha'_{общ}$ менее 0,43%/°С можно использовать резисторы, намотанные из медной проволоки, но в рассматриваемом примере необходимо применить позистор СТ6-2Б. Для него $\alpha'_{tср}=10\%$/°С. Рабочий диапазон температур 0—125° С. Его сопротивление находят из $R_t \geqslant 100\alpha/\alpha'_t=100\cdot 1{,}9/10=19$ *ом*. Чтобы получить возможность подгонки, выбирают больший номинал $R_t=30$ *ом*, тогда $R_ш=30\cdot 1{,}9/(3-1{,}9)\approx 52$ *ом*, $R_ш=51$ *ом*, $R_{общ}=51\cdot 30/(30+50)\approx 19$ *ом*. Так как $R_{20}=118$ *ом*, то $R'_{20}=$ $=100$ *ом*. После включения термокомпенсации в делитель *ИОН* вновь помещают в термостат и уточняют величины $R_ш$ и R'_{20}. При отсутствии позисторов решение может быть компромиссное: подбором диодов или тока через них ТКН приближают к требуемому, а точно подгоняют резистором из медной проволоки.

По окончании работы с *ИОН* подгоняют входные цепи вольтметра. На его вход включают резисторы делителя 1 и 10 *в*. Подав с *ИОН* на вход сначала одно напряжение, а затем другое, регулировкой резисторов R_1 и R_3 устанавливают на табло требуемую цифру. На пределах 100 *в* и 1 *кв* подгонку ведут подбором резисторов входных делителей. Напряжения целесообразно контролировать стендом, для чего необходимо собрать делитель из прецизионных резисторов или воспользоваться готовым промышленным. Окончательную подгонку входных цепей необходимо сделать в уже полностью собранном приборе. Резисторы всех пределов измерений подбирают на переменном токе, так как калибровку делают на постоянном. На пределе 10 *в* можно подгонять и резистором R_{26}, а на остальных — только резисторами на входе. Для хорошей подгонки на переменном токе необходимо пользоваться лабораторным прибором класса 0,2 или 0,5 с поправочной кривой.

Работа с прибором

Общий порядок работы. Перед началом измерений прибор подключают к источнику питания и проверяют его калибровку. Для этой цели на переключатель поданы с делителя *ИОН* 50 *мв*, 0,98 и 9,8 *в*. По ним калибруют прибор. При нажатии кнопки *К* — «калибровка» и не нажатых кнопках пределов измерений на вход прибора подается 50 *мв*, а на *ПКН* опорное напряжение предела 1 *в*. В таком положении контролируют балансировку усилителя нуль-органа. Регулируют балансировку потенциометром R_{36} (нижний потенциометр на плате I). При нажатии кнопки 1 *в* — 1 *кв* (на вход подается напряжение 0,98 *в* и контролируют установку опорного напряжения этого предела. Если по каким-либо причинам (в основном от изменения температуры) на табло высвечивается иная цифра, то необходимо регулировать потенциометром R_1 (верхний на плате I) и вернуться к контролю напряжения 50 *мв* (сбросить кнопку 1 *в* — 1 *кв*). При хорошей термокомпенсации нуль-органа отклонение в показаниях прибора при подаче 50 *мв* могут вызываться уходом опорного напряжения и порядок в контроле прибора на этом пределе целесообразнее поменять.

После окончания регулировки предела 1 *в* — 1 *кв* проводят контроль на пределе 10 *в*. При необходимости устанавливают опор-

ное напряжение потенциометром R_3 (средний на плате I). На этом подготовка прибора к работе заканчивается и кнопка *К* сбрасывается. Прибор достаточно хорошо защищен от перегрузок, и все же при измерениях в незнакомых схемах с различными напряжениями начинать измерения следует на пределе 100 *в*. На нем прибор сво-

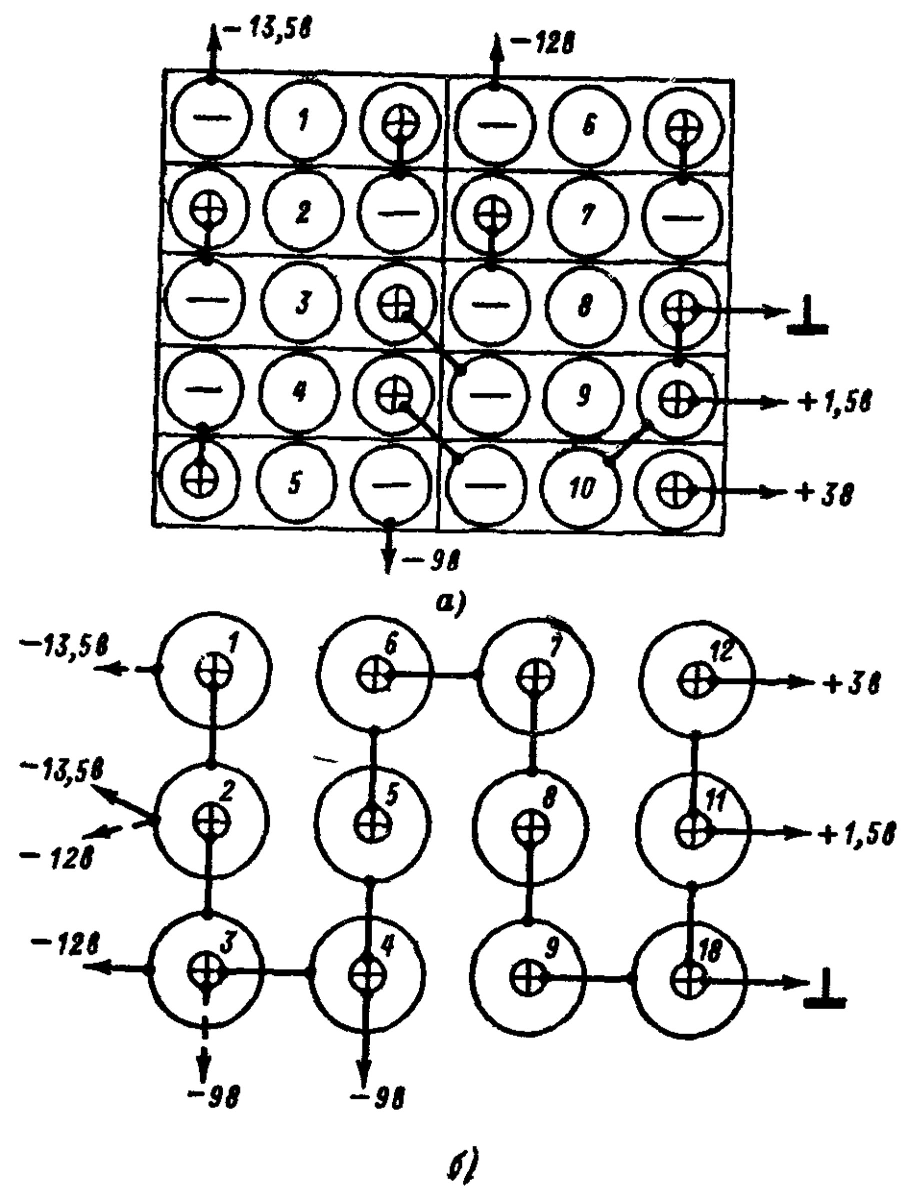


Рис. 66. Варианты батарейного питания ЦВТ-0,5.

а — схема соединения комплекта из 10 батарей КБС-Л 0,50 или КБС-Х-0,70; *б* — схема соединения комплекта из 12 элементов 373. Штриховыми линиями показано переключение, необходимое через 30—35 *ч* работы при кратковременных включениях.

бодно выдерживает десятикратные перегрузки. При измерении малых напряжений необходимо пользоваться такими пределами, на которых значащие цифры получаются на всех трех табло. Поэтому, если необходимы точные измерения напряжений менее 0,1 *в*, следует пользоваться измерительным усилителем, дающим стабильный коэффициент усиления (*К*-10) и имеющим малый дрейф нуля. Один из вариантов такого усилителя приведен на рис. 65, *б* [Л. 35].

Питать прибор можно от батарей. На рис. 66 даны два варианта батарейного питания. В первом варианте (рис. 66, *а*) для питания применены 10 батарей КБС-Л-0,50 или КБС-Х-0,70. Продолжительность непрерывной работы их 10—15 (15—20) *ч*, при кратковременных включениях (30—70 *мин*) 15—20 (20—30) *ч*. Во втором варианте (рис. 66, *б*) применены 12 элементов 373. Этот комплект

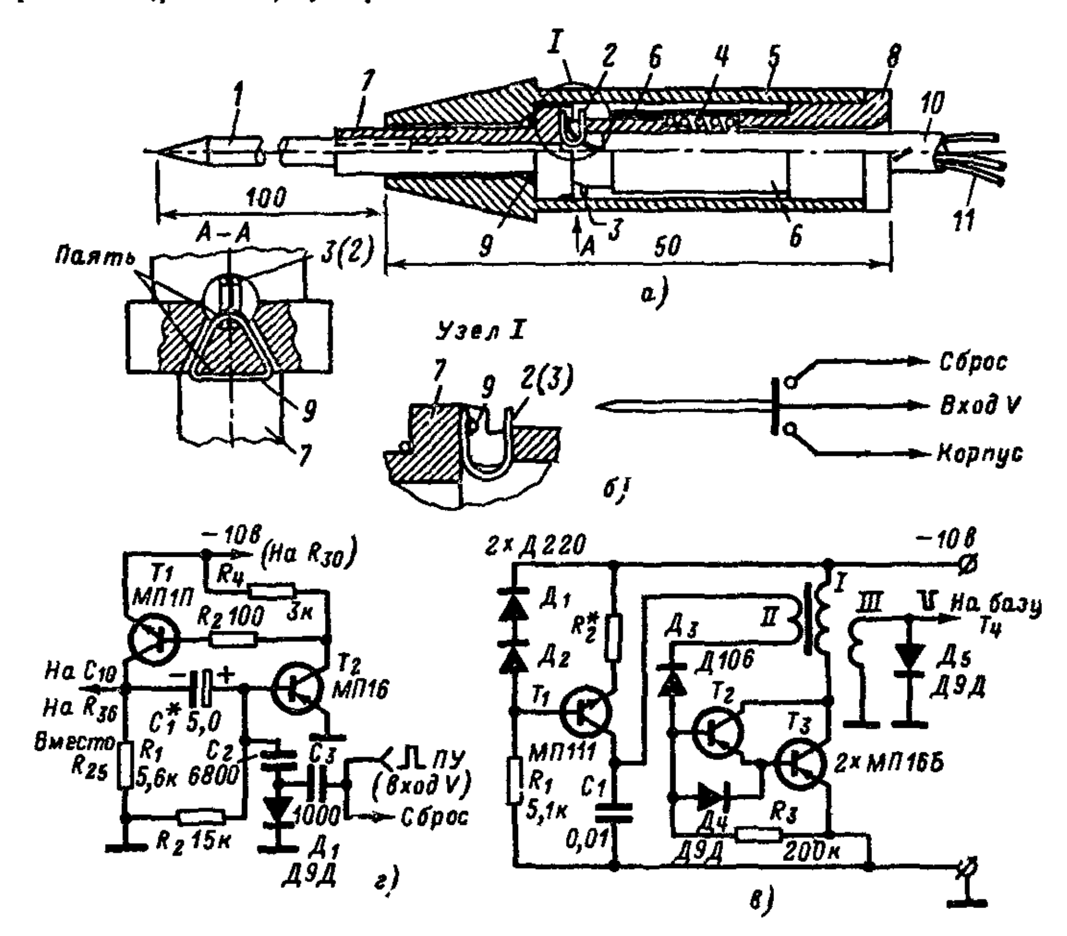


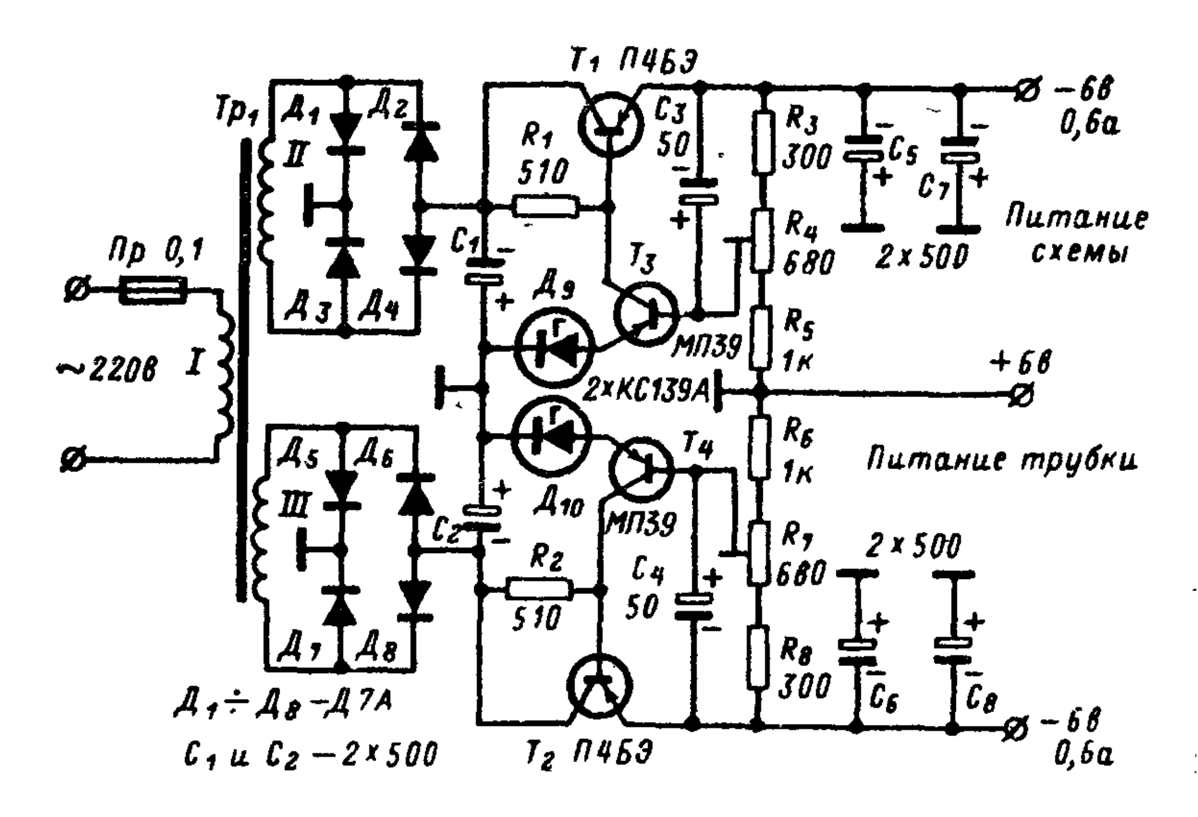
Рис. 67. Щуп для дистанционного запуска прибора.

а — конструкция щупа, *б* — схема щупа и подключения его к прибору; *в* — схема стабильного блокинг-генератора; *г* — одновибратор, заменяющий кнопку $Кн_1$; *1* — щуп, *2* и *3* — пружинные контакты; *4* — пружина; *5* — корпус; *6* — втулка-замыкатель; *7* — держатель; *8* — крышка; *9* — бандаж крепления контактов; *10* — защитная трубка; *11* — выводы

допускает при длительных включениях (8—10 *ч*) продолжительность работы 30—35 *ч*, а при кратковременных включениях 40—50 *ч*. При этом через 10—15 *ч* элементы *1* и *3*, а также *10* и *12* меняют местами, спустя еще столько же времени меняют местами первый ряд (элементы *1*, *2*, *3*) со вторым, а третий с четвертым. Переключение концов, показанное на рис. 66, *б* штриховой линией, обычно требуется через 5—10 *ч* после перемены мест элементов.

Дополнительные возможности прибора. Кроме автоматического запуска с установленной периодичностью и ручного пуска кнопкой на передней панели прибор можно запускать дистанционно. Для этого необходим специальный щуп. Его конструкция и схема соединения с прибором показаны на рис. 67, *а* и *б*. Пуск прибора происходит при замыкании втулкой *6* контактов *2* и *3*, подключаемых к гнездам «сброс» и «корпус». Замыкание их происходит при

утапливании в рукоятку *5* щупа *1*, который соединяется со входом вольтметра. Для этого необходимо конец щупа прижать к месту измерения с силой, достаточной для сжатия пружины *4*, что дает также надежный контакт в точке измерения. Этим щупом удобно пользоваться прн исследовании схемы, находящейся иа большом расстоянии от ирибора, и при необходимости запнсывать результаты измерений. Период замеров в этом случае устанавливают максимальным, и он представляет собой фактнчески время хранення показаний вольтметра.



Рнс 68. Схема сетевого блока питания осцнллографа.

Прибор можно использовать как счетчнк импульсов прн работе с различными цифровыми схемамн: фазометрами, частотомерамн малой точностн н т п. Его, например, удобно применять как пересчетный блок цифрового измерителя емкостей н сопротивлений, описанного в журнале «Радио», № 1 за 1966 г. Прн этом необходимо учесть особенность построения декад вольтметра, для чего необходнмо снизить частоту счетных импульсов со 100 до 20 *кгц*

Еслн нет необходимого кварца, то кварцевый генератор и формнрователь импульсов (T_1, T_2 и T_3) заменяют блокинг-генератором, схема которого показана на рнс. 67, *в*. Этот генератор обладает по сравнению со схемой обычного блокинг-гeнератора повышенной стабнльностью [Л. 36] благодаря введению дополннтельного усилителя на транзисторе T_2, диода $Д_3$ и токостабилнзнрующего транзистора T_1. Частоту генерации регулируют подбором сопротивленни резистора R_2 в токостабнлнзирующей цепи. Трансформатор может быть такой же, как в генераторе счетных импульсов вольтметра. Импульсы с третьей обмотки трансформатора подаются на схему совпадения — транзистор T_4 измерительного блока. Блок выходами

схемы и корпуса соединяют с выходами «счет», «сброс» и «корпус» вольтметра.

Измерения могут быть автоматизированы, если кнопку $Кн_1$ заменить одновибратором, таким как в пусковом устройстве вольтмет-

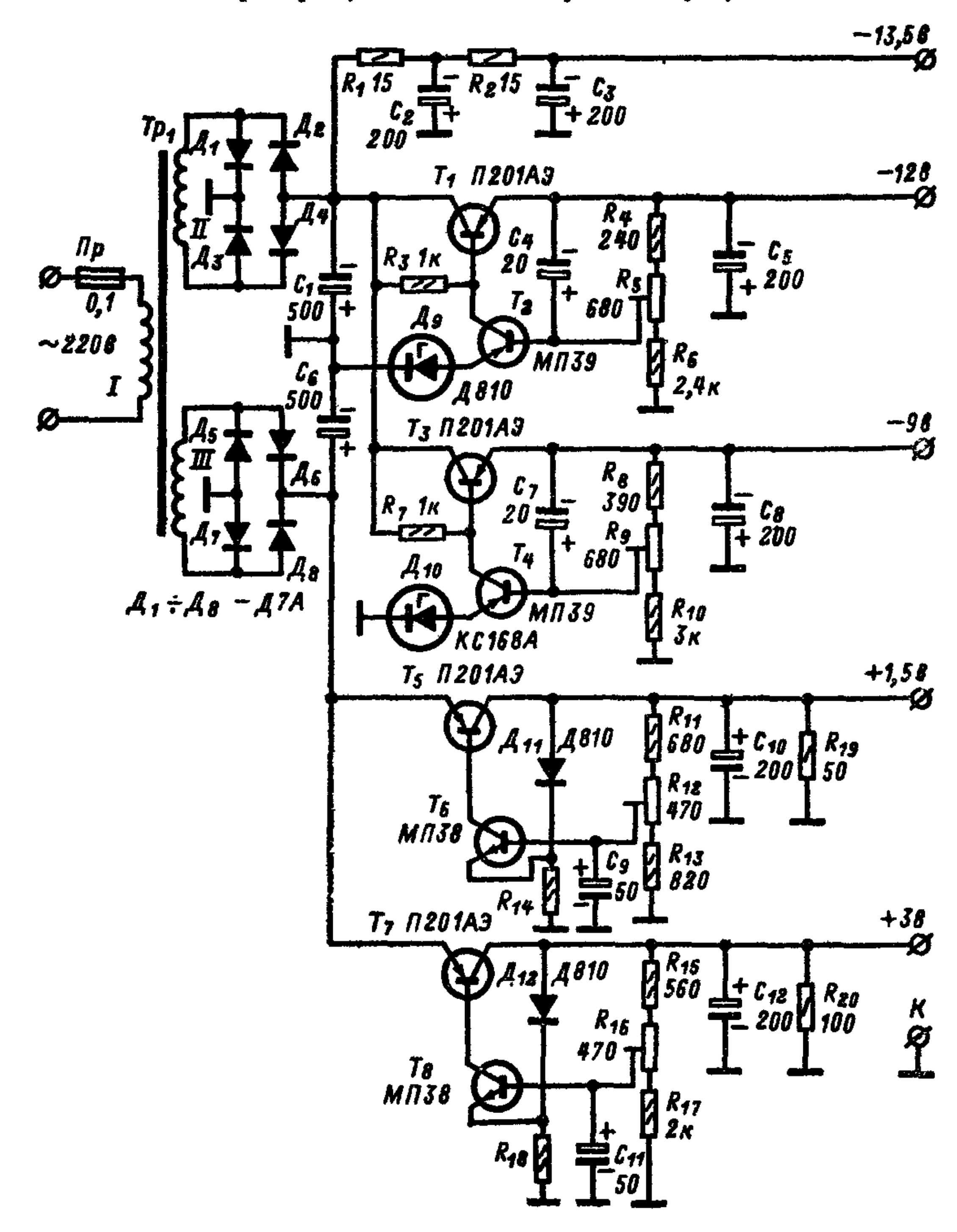


Рис. 69. Схема сетевого блока питания цифрового вольтметра.

ра. Запускаться он должен срезом пускового импульса, т. е. после сброса счетчика. Пусковой импульс для этого снимается с входного гнезда *V*, куда он подается через контакты кнопки *С* — «счет». Схема подключения одновибратора показана на рис. 67, *г*. Надобность в кнопке $Кн_2$ в этом случае отпадает.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ложников А. П., Сонин Е. К.** Каскодные схемы на транзисторах. М., «Энергия», 1969.
2. **Важенина З. П.** Фантастронные генераторы. М., «Советское радио», 1965
3. **Фролкин В. Т.** Импульсные устройства. М., «Машиностроение», 1966.
4. **Журавлев А. А. и Мазель К. Б.** Преобразователи постоянного напряжения на транзистрах. М., «Энергия», 1964.
5. **Котельников Н Н.** Новая схема преобразователя постоянного тока. — «Радиотехника», 1961, т. 16, № 10.
6. **Бортновский Г. А.** Печатные схемы в радиолюбительских конструкциях. М., Госэнергоиздат, 1959.
7. **Барканов Н. А.** и др. Конструирование микромодульной аппаратуры, М., «Советское радио», 1968.
8 **Иваницкий В.** Советы радиолюбителю. М., ДОСААФ, 1964.
9. **Kuhne H.** Hilfsgerät zum Zeichnen gedruckter Schaltungen. Funkamateur 1966, № 7.
10. **Варламов В. Г.** Компоновка радио и электронной аппаратуры. М., «Советское радио», 1966.
11. **Панов А.** Микросхема IMM6.0 — «Радио», 1970, № 1.
12 **Чех П.** Осциллографы в измерительной технике. М., «Энергия», 1965.
13. **Бриллиантов Д. П.** Портативные транзисторные телевизоры. М., «Связь», 1969.
14. **Михин Д. В.** Кремниевые стабилитроны. М., «Энергия», 1965.
15. Краткий фотографический справочник под ред. Пускова В. В. М., Госкиноиздат, 1952.
16. **Новопольский В. А.** Электронный осциллограф. М., Госэнергоиздат, 1962.
17. **Вишенчук И. М., Соголовский Е. П. и Швецкий Б. И.** Электроннолучевой осциллограф и его применение в измерительной технике. М., Физматгиз, 1959.
18. **Мирский Г. Я.** Радиоэлектронные измерения. М., «Энергия», 1969.
19. **Соловов В. Я.** Осциллографические измерения. М., «Энергия», 1968.
20. **Хлистунов В. Н.** Основы цифровой электроизмерительной техники. М., «Энергия», 1966.
21. **Мирский Г. Я.** Измерение временных интервалов. М., «Энергия», 1964.
22. **Акулов И. И., Алексеев А. И.** и др. Радиотехнические схемы на транзисторах и туннельных диодах. М., «Связь», 1966.
23. **Грибанов Ю. И.** Измерение напряжений в высокоомных цепях. М., «Энергия», 1967.
24. **Нетребенко К. А.** Цифровые делители напряжения. М., «Энергия», 1970.
25. **Смирнов Н. А., Смолов В. Б., Фомичев В. С. и Чериявский Е. А.** Полупроводниковый декодирующий преобразователь. — «Измерительная техника», 1962, № 5.
26. **Додик С. Д.** Полупроводниковые стабилизаторы постоянного тока и напряжения. М., «Советское радио», 1962.
27. **Образцов В. В.** Релейные устройства с диодными сетками. М., «Энергия», 1967.
28. **Азарх С. Х. и Фрид Е. А.** Микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры. М., Госэнергоиздат, 1963.
29. **Рудницкий Б. Л.** Измерение нестабильности электрических напряжений. М., «Советское радио», 1969.
30. **Мартюшов К. И. и Зайцев Ю. В.** Нелинейные полупроводниковые резисторы. М., «Энергия», 1968.
31. **Зайцев Ю. В.** Полупроводниковые резисторы. М., «Энергия». 1969.
32. **Грибанов Ю. И.** Измерения и приборы в радиолюбительской практике. М., «Энергия», 1969.
33. **Меерсон А. М.** Радиоизмерительная техника. М., «Энергия», 1967.
34. **Романов В. В., Хашев Ю. М.** Химические источники тока. М., «Советское радио», 1968.
35. **Scidmore A. K.** Low-cost emitter-follower extends voltmeter's range. — «Electronics», 1966, № 3.
36. **Прошин Е. М.** «Приборы и техника эксперимента», 1965, № 4.
37. **Карпов В. И.** Полупроводниковые компенсационные стабилизаторы напряжения и тока. М., «Энергия», 1967.
38. **Цымбалюк В. С., Крюков Ю. Г., Грибов Э. Б.** Миниатюризация приемно-усилительной аппаратуры. М., «Связь», 1968.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Глава первая. **Общее в монтаже и конструкции приборов** 4

Печать 4
Материалы 10
Нанесение рисунка 10
Дальнейшая обработка плат 11
Монтаж 13
Конструкция каркаса 20

Глава вторая. **Осциллограф ТО-6** 23

Характеристика и структурная электрическая схема . . 23
Принципиальная электрическая схема 26
Конструкция 35
Настройка 84
Работа с прибором 92

Глава третья. **Цифровой вольтметр ЦВТ-0,5** 95

Характеристика и принцип работы 95
Структурная электрическая схема 98
Принципиальная электрическая схема 98
Конструкция 121
Настройка 157
Работа с прибором 169

Литература 174
